



Flyttavstånd och flyttkostnader för skogsmaskiner samt ruttplanering hos Södra Skogsägarna

*Forest machine relocation distances, costs and route planning at
Södra Skogsägarna*

Linus Wildmark

**Arbetsrapport 8 2014
Examensarbete 30hp A2E
Jägmästarprogrammet**

**Handledare:
Tomas Nordfjell**

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för skogens biomaterial och teknologi
S-901 83 UMEÅ

www.slu.se/sbt

Tfn: 090-786 81 00

Rapport från Institutionen för skogens biomaterial och teknologi

Flyttavstånd och flyttkostnader för skogsmaskiner samt ruttplanering hos Södra Skogsägarna

*Forest machine relocation distances, costs and route planning at
Södra Skogsägarna*

Linus Wildmark

Examensarbete vid institutionen för skogensbiomaterial och teknologi

Jägmästarprogrammet

EX0772, A2E

Handledare: Tomas Nordfjell, SLU, institutionen för skogens biomaterial och teknologi

Extern handledare: Patrik Andersson, Södra Skogsägarnas Ekonomiska förening

Examinator: Ola Lindroos, SLU, institutionen för skogens biomaterial och teknologi

Sveriges lantbruksuniversitet

Institutionen för skogens biomaterial och teknologi

Utgivningsort: Umeå

Utgivningsår: 2014

Rapport från Institutionen för skogens biomaterial och teknologi

Förord

Det här är ett examensarbete skrivet inom huvudämnet Skogshushållning och omfattar 30 högskolepoäng på D-nivå. Studien är genomförd på institutionen för skogens biomaterial och teknologi, vid Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) i Umeå. Uppdragsgivare för studien var Skötsel- och Teknikavdelningen på Södra Skogsägarna ekonomisk förening, genom Patrik Andersson.

Jag vill rikta ett stort tack till Patrik Andersson på Södra för all praktisk hjälp och vägledning under arbetets gång. Patrik har under hela arbetet varit snabb med att svara på mina frågor och gett mig god support i att söka ut för studien relevanta data.

Ett särskilt tack vill jag även rikta till min handledare på SLU, Professor Tomas Nordfjell. Tomas har under arbetet lagt ner mycket tid på noggrann granskning av mina analyser och av det skrivna manuset. Han har även gett mig god vägledning och varit ett gott stöd.

Till sist vill jag också tacka de produktionsledare och maskinförare som ställt upp på intervjuer och samtal under arbetet.

Umeå, februari 2014.

Linus Wildmark

Sammanfattning

Företag som arbetar med skogsdrivning har haft låg lönsamhet under flera decennier. Därför är det viktigt att de arbetar kostnadseffektivt. Flytt av skogsmaskiner mellan avverkningstrakter är kostsamt och kostnaden ökar med ökande flyttavstånd.

Målet var att skapa ett underlag åt Södra för att uppnå kortare flyttavstånd och lägre flyttkostnader. Studien hade tre delsyften: 1) kartlägga skogsmaskiners flyttavstånd; 2) - kartlägga arbetssätt vid schemaläggning av avverkningstrakter (ruttplanering), samt 3) beräkna flyttkostnad för en skogsmaskin med traktor och trailer.

Flyttavstånden mellan avverkningstrakter kartlades inom sex verksamhetsområden på Södra under perioderna juli – september 2012 och juli - september 2013.

Arbetssätt vid ruttplanering kartlades via kvalitativa intervjuer med produktionsledare och genom processkartläggning. Analyser testade om arbetssättet hade betydelse för flyttavstånd eller exakthet i virkesleverans (leveransprecision).

Kostnaden för maskinflytt med traktor och trailer beräknades med teoretiskt antagen tidsåtgång för lastning, flytt och lossning av en skogsmaskin vid olika avstånd. Kalkylen jämfördes med befintliga kostnadskalkyler för maskinflytt för egen maskin (hjulning) och med lastbilstrailer.

Medelflyttavståndet var 13,6 km, den 50:e percentilen av flyttavstånden var 11 km och den 90:e var 30,1 km. Inga signifikanta skillnader i medelflyttavstånd mellan verksamhetsområdena hittades.

Tre olika arbetssätt vid ruttplanering användes. Skillnaden var i vilken grad ruttplaneringsprocessen var centraliserad till produktionsledaren, eller decentraliserad till skogsinspektörerna och maskinförarna. Någon skillnad i flyttavstånd eller leveransprecision mellan arbetssätt kunde inte påvisas.

Maskinflytt med traktor och trailer var ekonomiskt fördelaktigt vid avstånd mellan 0-15 km, ifall alternativen var hjulning eller lastbilstrailer med 30 min väntetid. För Södras del motsvarar det ca 60 % av flyttarna.

Nyckelord: Maskinflytt, traktor, trailer, processkartläggning, produktionsledare

Summary

Companies working with forest harvesting have had low profitability for several decades. Therefore, it is important that they work cost effectively. Relocation of forestry machines between harvest areas is costly and the cost increases with increasing relocation distance.

The goal was to create a decision-making foundation for the company Södra to achieve shorter relocation distance and lower relocation costs. The study had three specific aims: to 1) identify forest machines relocation distances, 2) map working method when scheduling harvesting areas (route planning), and 3) calculate the relocation cost for a forest machine when using a tractor and trailer.

Relocation distances between harvesting areas were mapped within six business areas at Södra during the period from July to September in 2012 and July to September in 2013.

The used work method during route planning was mapped through qualitative interviews with the production managers and through process mapping. Analyses tested whether the method used had significance for relocation distances or accuracy in timber delivery (delivery precision).

The cost of the machine relocation with a tractor and trailer were calculated using theoretically assumed time required for loading, relocation and unloading of a forest machine at different distances. The calculation was compared with the Södra's existing cost calculations for machine relocation under its own steam, and the truck trailer.

The average relocation distance was 13.6 km, the 50th percentile of relocation distances was 11 km and the 90th percentile was 30.1 km. No significant differences in average relocation distance between the business areas were found.

Three different working methods were used when route planning. The difference was the degree to which the route planning was centralized to the production leader, or decentralized to the forest inspectors and the machine operators. No differences in relocation distances or delivery precision between the working methods could be found.

Machine relocation with tractor and trailer was financially beneficial for distances between 0-15 km, if the options were that the machine is running under its own or by truck trailer with 30 minutes of waiting time. At Södra, relocation distances up to 15 km correspond to about 60% of the relocations.

Keywords: Machine relocation, tractor, trailer, process mapping, production leader

Innehåll

1 Inledning.....	6
1.1 Bakgrund	6
1.2 Södra Skogsägarna ekonomisk förening	8
1.3 Studiemetodik.....	9
1.4 Mål.....	11
2 Material och metoder.....	12
2.1 Kartläggning av flyttavstånd	12
2.2 Kartläggning av arbetssätt	15
2.3 Analys av samband mellan arbetssätt, flyttavstånd och leveransprecision	16
2.4 Kostnadskalkyl för maskinflytt med jordbrukstraktor och trailer	16
3 Resultat.....	19
3.1 Flyttavstånd 2013	19
3.2 Flyttavstånd per maskin 2013.....	23
3.3 Jämförelse av flyttavstånd mellan 2012 och 2013	25
3.4 Arbetssätt.....	26
3.5 Samband mellan arbetssätt, flyttavstånd och leveransuppfyllnad för materialet av alla maskiner 2013	31
3.6 Kostnad för maskinflytt med jordbrukstraktor och trailer.....	34
4 Diskussion & slutsatser	36
4.1 Studiens genomförande	36
4.2 Kritik åt och begränsningar för studien	36
4.3 Resultatet	38
4.4 Vidare studier	42
4.5 Slutsatser.....	43
Referenslista	44
Bilaga 1.....	47

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Under ett par decennier har lönsamheten varit låg för de entreprenadföretag som sysslar med skogsdrivning (Hultåker 2006) vilket delvis är en följd av hårt pressade priser på drivningstjänster (Lidén 1995). Därför är det viktigt att skogsmaskinentreprenörerna ges möjlighet att arbeta kostnadseffektivt. Deras uppfattning har också varit att uppdragsgivarna planerar deras arbete alltför dåligt (Lidén 1995). Det finns en vilja hos de företag och föreningar som anlitar skogsmaskinentreprenörer att ge dem så goda förutsättningar som möjligt för att uppnå god lönsamhet. Vilket bland annat görs genom att man vill förbättra planeringen av entreprenörernas arbete.

Den skogliga planeringen brukar allmänt indelas i tre nivåer beroende på vilken tidshorisont och upplösning de avser. Nivåerna benämns som strategisk-, taktisk- och operativ nivå. Den strategiska planen sträcker sig över långa tidshorisonter, upp till mer än 100 år (Ståhl & Wilhelmsson 1994). Den strategiska planen bryts sedan ner till taktisk nivå, vilken på många skogsföretag behandlar hur skogen ska skötas de kommande 5-20 åren (Weintraub & Cholaky 1991, Davis & Martell 1993, Ståhl & Wilhelmsson 1994). För en skogsägarförening eller annan virkesanskaffande verksamhet kan dock den taktiska planen avse en tidshorisont på mindre än ett år.

Den operativa planeringen är den nivå med högst upplösning och kortast tidshorisont (Lindroos 2013, Ståhl & Wilhelmsson 1994). Resultatet av den operativa planen är ett bestämt schema över i vilken tidsmässig ordning olika avverkningstrakter ska avverkas och av vilka maskinlag. Detta schema gäller i en del fall endast några veckor framåt i tiden (Lindroos 2013). Generellt kan sägas att den skogliga planeringen är en iterativ och sökande process (Lämås 1996). Planen förändras allt eftersom nya möjliga lösningar och utfall identifieras.

Det schema som skapas vid den operativa drivningsplaneringen brukar i praktiken synonymt kallas för en ruttplan eller drivningsplan. I denna studie definieras en ruttplan som den ordningsföljd som avverkningstrakter avverkas i under den tidsmässiga period som ruttplanen avser. Ruttplanen visar hur skogsmaskinerna kommer att flyttas mellan avverkningstrakter. Att ruttplanera är det arbete man utför när denna ordnade rutt skapas. Ett flyttavstånd, är avståndet mellan två i tid efterföljande avverkningstrakter. Urval av avverkningstrakter som kan ingå i ruttplanen görs ifrån en traktbank. En traktbank definieras i denna studie som det lager av avverkningstrakter som finns tillgängliga för avverkning. Avverkningstrakt kallas i denna studie synonymt för avverkningskontrakt och trakt, vilket avser den areal som man ämnar genomföra t.ex. en avverkning på. Ett avverkningskontrakt kan innehålla mer än en avverkningstrakt, men behandlas i det här fallet som en avverkningstrakt.

Vanligen innehåller en traktbank fler avverkningstrakter än vad som kommer att avverkas inom en kommande tidsperiod, vilket skapar valmöjlighet vid bildande av ruttplanen.

Ruttplaneringen är en komplex uppgift, då den är begränsad av ett stort antal faktorer, samtidigt som dess målsättning är att uppnå högt ekonomiskt resultat och en hög

leveransprecision (avvikelse från 100 % av leveransplan) mot en råvaruförbrukande industri. Dessa faktorer kan allmänt sägas vara traktbanken, leveransplanen, tillgängliga maskinresurser, klimatet, bärigheten och kravet på ekonomiskt resultat (Lindroos 2013). Traktbanken har sina begränsningar i vilka volymer den innehåller av olika träslag och sortiment. En leveransplan är ett tidsangivet virkesflöde mot en mottagningsplats eller industri (Håkansson 2000) och i de fall den inte uppfylls kan industrin drabbas av stora kostnader på grund av utebliven produktion. Det medför i så fall att det primära målet vid ruttplaneringen är att uppfylla leveransplanen med så hög grad av leveransprecision som möjligt (Lindroos 2013).

Bärigheten inom en avverkningstrakt samt på de vägar som leder fram till trakten, är tillsammans med de vädermässiga förhållandena tre faktorer som har en direkt påverkan på om den enskilda trakten går att avverka för tillfället. Detta beror på att det finns stor risk för att skogsmaskinerna kör fast eller orsakar körskador på trakter med dålig bärighet i synnerhet då de vädermässiga förhållandena är dåliga. På samma vis blir inte det avverkade virket tillgängligt för lastbilen som ska hämta det ifall vägen dit har dålig bärighet. Därför kan en utifrån andra aspekter lämplig trakt förkastas i urvalet vid skapandet av en ruttplan. Denna trakt får då istället ligga kvar i traktbanken till en annan tid på året då förhållandena lämpar sig bättre för trakten. Bärighetsbegränsningar inom en trakt kan i en del fall kräva att avverkning och utforsling av virke endast kan ske under väldigt torra förhållanden, alternativt vid tjälad mark. På grund av detta blir även åldern på kontraktet eller avverkningsrätten för en trakt en viktig parameter att ta hänsyn till eftersom dessa är tidsbegränsade. För en verksamhet som köper in virke av privata markägare kan det även finnas en drivkraft i att ha hög leverantörsnöjdhet genom att markägarna inte får vänta för länge från att kontrakt skrivs till att åtgärden är utförd. Kontraktssålder spelar även roll i hur snabbt en slutavverkningstrakt blir tillgänglig eftersom en slutavverkning måste anmälas till skogsstyrelsen minst sex veckor i förväg. Detta blir en begränsande faktor för traktvalet i ruttplaneringen, i synnerhet då man har en liten traktbank att tillgå. För en organisation som anskaffar virke från privata skogsägare kan även skogsägarens önskemål bli en ytterligare begränsning i traktvalet (Renström 2008). Parallellt med alla dessa begränsningar och utifrån målet att uppfylla leveransplanen strävar man vid ruttplanering efter så låga kostnader som möjligt. Kostnaden för att flytta skogsmaskiner mellan avverkningstrakter är beroende av hur långt flyttavståndet är och därför blir en geografisk klustring av de trakter som ska ingå i ruttplanen ett av målen vid ruttplanering. Enligt Gustafsson (1998) finns det möjlighet till stora ekonomiska vinningar med minskade flyttavstånd. Hur goda möjligheterna är för att lyckas med en bra drivningsplan beror till stor del på hur många trakter och hur stora volymer som finns tillgängliga för avverkning i traktbanken. Det finns stora möjligheter att uppnå hög koncentration mellan avverkningstrakter, när man har en traktbank som innehåller många trakter (Jacobsson 2005). Hög koncentration innebär att det finns ett stort antal trakter som är klara för avverkning, ligger geografiskt nära varandra och kan avverkas tidsmässigt direkt efter varandra.

Med anledning av entreprenörernas låga lönsamhet är det av största vikt att de kan producera virke under så stor del av sin arbetstid som möjligt. Detta beror på att de till stor del arbetar efter ackordsbetalning och får betalt per avverkad eller utforslad m³fub. En möjlighet att öka andelen virkesproducerande tid åt entreprenörerna är att minska flyttavstånden mellan avverkningstrakterna. Jacobsson (2005) visade t.ex. att

flyttkostnaden kunde sänkas med 20 % ifall markberedningstrakterna hade varit mer geografiskt samlade.

1.2 Södra Skogsägarna ekonomisk förening

Södra är ett medlemsägt kooperativ och ägs av ca 51 000 sydsvenska skogsägare. Organisationens främsta uppgift är att trygga avsättningen för skogsråvara och att främja lönsamheten i medlemmarnas skogsbruk. Medlemmarnas skog sköts och förvaltas av personalen som är anställd på Södra Skog, vilket är ett av Södras fyra affärsområden. De andra affärsområdena är Cell, Timber och Interiör (Anon 2013 a), vilka vidareförädlar medlemmarnas skogsråvara. Södra hanterar årligen från 15,6 till 17,8 miljoner m³fub virke (Anon 2013 c). Södras virkesanskaffande verksamhet, Södra Skog, är geografiskt indelad i tre regioner, Syd, Öst och Väst. Dessa är i sin tur geografiskt indelade i så kallade verksamhetsområde (VO). Samanlagt består Södra av 19 VO:n. Sex av dessa tillhör region Syd, sju tillhör Väst och sex tillhör Öst. VO:na är geografiskt belägna från Billingsfors och Linköping i norr till Höör i söder (Anon 2013 b). Den personal som arbetar på VO-kontoren, arbetar med Södras operativa verksamhet (Anon 2011). De ansvarar för kontraktering och planering av avverkningsuppdragens utförande. Inom varje VO arbetar en områdeschef (OC), en produktionsledare (PL), ett antal skogsinspektorer (SI'er) och en skogsvårdsledare (SVL). OC:n har det övergripande ansvaret för verksamheten och personalen på VO:t. PL:n ansvarar för virkesflödet från skog till industri. SI:erna ansvarar för virkesanskaffning och skoglig service mot markägarna. SVL:n har det övergripande ansvaret för skogsvården. Varje VO har ett antal maskingrupper knutna till sig som utför avverkningsuppdragen på uppdrag ifrån VO:t. Således är det personalen på VO:na som utför den operativa ruttplaneringen för maskingrupporna.

Storleken på traktbank varierar mellan VO:na och över tid, men en ungefärlig storlek som VO:na har tillgång till är från 40 000 till ungefär 100 000 m³fub. Som ett stöd för ruttplaneringen använder man på Södra ett informationssystem som lagrar den information som arbetet kräver (Stair & Reynolds 2008). Det informationssystemet heter TITAN.

Inom varje VO hanteras årligen i genomsnitt 820 000 till 940 000 m³fub (Anon 2013 c), varav en del utgörs av leveransvirke från medlemmarna, dvs. virke som har avverkats genom medlemmarnas egen försorg. De avverkningsresurser som driver det virke som Södra skog köpt in består både av Södras egna maskingrupper inom enheten Södra Avverkning och av kontrakterade entreprenörer. Med maskingrupp avses en enhet bestående av en skördare och en skotare. Dessa maskingrupper använder sig av tre olika metoder vid förflyttning av sina maskiner, mellan avverkningstrakter:

- Maskinen körs för egen maskin (hjulning) av maskinföraren mellan avverkningstrakterna.
- Maskinen transporteras av maskinföraren med trailer och jordbrukstraktor som ägs av entreprenören.
- Maskinen transporteras med lastbilstrailer, som hyrs in av entreprenören.

I dagsläget finns inget underlag för vad det kostar att flytta en skogsmaskin med jordbrukstraktor och trailer vid olika avstånd. Det finns inte heller något underlag om hur denna kostnad står i relation till kostnaden för de andra två flyttmetoderna.

1.3 Studiemetodik

Fallstudie

Enligt Bell (1999) är fallstudier lämpliga för forskare som arbetar på egen hand. Detta eftersom man då på djupet kan studera en avgränsad aspekt av ett problem under en begränsad tid. Vanligt är att man i en fallstudie tar fram observationer men även många andra metoder kan bli aktuella. Därför är den som arbetar i fallstudien inte begränsad till något specifikt arbetssätt utan kan arbeta fram studiens olika delar med olika metoder (Bell 1999). Utifrån det fall man tagit fram i studien, är det vanligt att man sedan diskuterar huruvida det är möjligt, troligt eller sannolikt att det som det studerade fallet visade kommer att inträffa i vid andra tillfällen. I vilken utsträckning som resultaten från en fallstudie kan generaliseras till andra fall beror av hur väl det andra fallet liknar det fall som togs fram i studien (Bell 1999).

Kvalitativa intervjuer

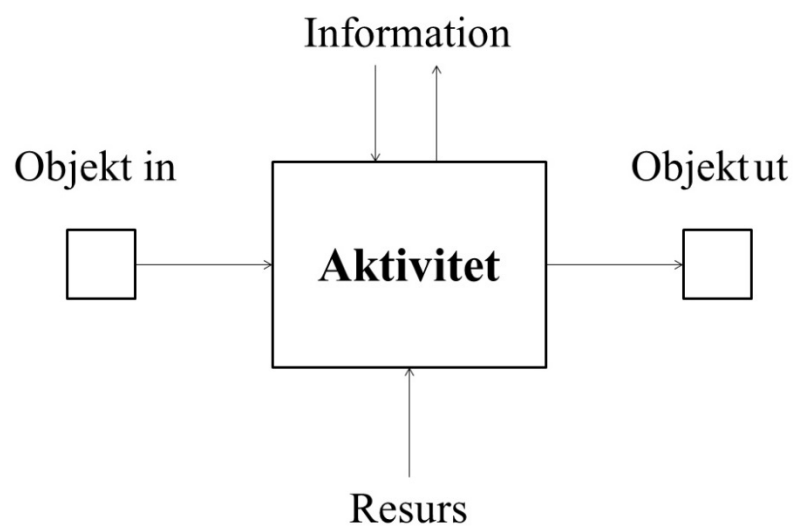
Enligt Trost (2010) syftar den kvalitativa intervjutekniken till att förstå respondentens beteendemönster och tankesätt. Ofta utmärks en kvalitativ intervju av enkelt formulerade frågor, som respondenten besvarar med komplexa och utredande svar. Svaren som blir resultatet av intervjun kan bli ett väldigt stort material, som genom noggrann bearbetning kan påvisa många intressanta åsikter, skeenden och beteendemönster (Trost 2010).

Processkartläggning

Processkartan är en syntax för att åskådliggöra olika delar av en process på ett övergripande och lättförståeligt vis. En process kan allmänt sägas vara "en serie händelser eller förändringar som följer efter varandra" (Ljungberg m.fl. 2001). Med processkartor kan man tydligt visa i vilken ordning olika aktiviteter utförs och vilka komponenter som krävs till varje aktivitet, för att göra processen möjlig. Aktiviteterna länkas sedan samman till en kedja som beskriver hela processen. Processen beskrivs tydligast ifall kartan över den inte innehåller för mycket information, utan istället kompletteras med separata processbeskrivningar (Ljungberg m.fl. 2001). Ett bra exempel på en tydlig processkarta för ruttplanering av virkestransport med lastbil finns i Lindström (2010).

Enligt Ljungberg m.fl. (2001), är en generell processkarta (Figur 1) uppbyggd av fem ingående komponenter:

- *Objekt in* – det som startar processen.
- *Aktivitet* – den verksamhet som transformerar objekt in.
- *Resurs* – vad som behövs för att göra aktiviteten genomförbar.
- *Information* – stöd eller styrning till processen.
- *Objekt ut* – resultatet av en aktivitet, vilken blir objekt in för nästa aktivitet.



Figur 1. Generell uppbyggnad av en processkarta och dess ingående komponenter (Ljungberg m.fl. 2001).

Figure 1. General structure of a process map and its components (Ljungberg et al. 2001).

1.4 Mål

Målet med studien var att skapa ett underlag åt Södra för hur de ska arbeta för att uppnå kortare avstånd vid och lägre kostnader för flytt av skogsmaskiner mellan avverkningstrakter.

Detta ska studeras utifrån följande delsyften:

1. Kartlägga flyttavstånd mellan slutavverkningstrakter inom sex utvalda verksamhetsområden på Södra under perioderna juli – september år 2012 och juli – september 2013.
2. Kartlägga arbetssätt vid skapande av ruttplaner och visa hur de skiljer sig åt mellan de sex verksamhetsområdena.
3. Beräkna kostnaden för att flytta en skogsmaskin med jordbrukstraktor och trailer, beroende på flyttavstånd.

2 Material och metoder

Underlaget togs fram i fyra steg:

- Flyttavstånd mellan avverkningstrakter togs fram via en fallstudie.
- Arbetssätt för ruttplanering kartlades.
- Samband mellan arbetssätt, flyttavstånd och leveransprecision studerades.
- Kostnadskalkylering för maskinflytt med jordbrukstraktor utfördes.

2.1 Kartläggning av flyttavstånd

Kartläggningen genomfördes som en fallstudie där observationer av flyttavstånd mellan slutavverkningstrakter uppmättes under juli till september för år 2013. Av alla maskiner som ingick i urvalet användes 18 av dem som referensmaskiner och för dessa togs även ett ytterligare fall fram med flyttavstånd under samma tidsperiod för år 2012.

Urval

Flyttavstånd studerades för två VO:n per region (sex totalt), vilka valdes ut av värdföretaget. Urvalskriterierna var att två VO:n per region skulle ingå och totalt sett ville man fånga områden som arbetar på olika vis med ruttplanering. Företaget utgick ifrån sin tidigare kännedom om hur man arbetar med ruttplanering på olika VO:n.

Flyttavstånden togs fram genom att rutter för skördare som kört för de aktuella VO:na följdes upp. Detta utfördes för en tvåmånadersperiod från det att respektive skördare startade att köra efter semesterns slut 2013. Samtliga flyttar som under perioden gjorts av de skördare som kom med i urvalet ingick i studien. Tre referensmaskiner för respektive VO följdes även upp för samma period under 2012. Varken personalen på VO:t eller maskinförarna kände i förväg till att flyttavstånd skulle komma att följas upp.

Urvalskriteriet för att en skördare skulle ingå i studien var att skördaren skulle ha skördat $\geq 3000 \text{ m}^3$ fub slutavverkning under augusti månad 2013. Denna utsökning gjordes via Södras produktionsportal. Urvalet medförde att olika många maskiner följdes på de olika VO:na.

Datainsamling

För att finna rutterna för maskinerna, hämtades skördarrapporter via SDC's programvara PRINS för samtliga maskiner. Rapporterna söktes ut via VO-nummer, Södras interna maskinnummer och mellan de datum som maskinerna skulle följas. Informationen från skördarrapporterna hämtades via en sammanställning som heter "Skördade volymer per insändning". Informationen som användes var: hos vilka virkesleverantörer, på vilka trakter och vid vilka datum maskinen var där. Detta sammanställdes för respektive maskin i separata Excelark där sedan samtliga avverkningstrakter sorterades efter datum för att finna de faktiska rutterna som maskinerna åkt. I några fall var volymerna från mer än en trakt registrerade på samma datum. För att kunna urskilja i vilken ordning som dessa trakter avverkades under dagen hämtades klockslag för insändning av skördarrapporterna. Detta gjordes via en rapport som innehåller mer information om "Skördade volymer per insändning" som heter RNRdet.

Flyttavstånd har i denna studie definierats som avståndet mellan avläggskoordinat nummer ett för två i tiden efter varandra följande avverkningstrakter. Utifrån skördarrapporternas uppgifter om leverantör- och kontraktsnummer hämtades trakttdirektiven för trakterna via Södras programvara TITAN. I trakttdirektiven hämtades SWEREF 99-koordinater för avlägggen.

Avstånd mellan trakterna beräknades med hjälp av Krönt vägvals avståndstjänst, vilken är en tjänst vars syfte är att göra avståndsberäkningar för den bästa körvägen via det vägnät som finns registrerat i skogliga nationella vägdatabasen (SNVDB) (Lidén mfl. 2009, Anon 2013). I denna tjänst angavs koordinaterna för start- och slutpunkt för varje maskinflytt och resultatet av beräkningen redovisades uttryckt i km med en decimal. I en del fall var avläggskoordinat nummer ett på en nybruten väg eller placerad på en annan mindre väg som inte fanns med i Krönt vägvals kartlager över vägnätet. I de fallen användes istället koordinaterna för skärningspunkten med det närmaste anslutande vägavsnittet. Samtliga koordinater och avstånd fördes in i respektive maskins Excelark.

För varje maskin hämtades den sammanlagda volym som skördats på alla avverkningar under den tvåmånaders-period som maskinen följts. Även denna information hämtades från sammanställningar av respektive maskins skördarrapporter i PRINS. För flera av maskinerna kördes inte den sista trakten som maskinen flyttade till klart inom datumen för försöksperioden. För att kunna räkna ut medeltraktens storlek för de trakter man flyttat till under perioden räknades den totala volymen för den sista trakten in i den totalt avverkade volymen för perioden. Alltså räknades även volymer in till den sista trakten som kördes efter försökets slutdatum, eftersom detta var volymer som man flyttat till inom perioden. Utifrån denna totalvolym för perioden och antalet trakter maskinerna kört på kunde medeltraktens storlek för perioden räknas fram.

Information om leveransplan och leveransplansuppfyllnad från 1 juli till 30 september 2013 samlades in. Denna datainsamling gjordes för sortimenten normaltimmer, barrmassaved, lövmassaved, sparr, klentimmer och barrkubb. Sparr, klentimmer och barrkubb behandlades som ett sortiment. Informationen hämtades i funktionen VIL på Södras intranät.

Uppgifter om varje VO's rotstående lager av slutavverkningsvolymer togs ut vid tre tillfällen under perioden. De datum som lagernivåerna insamlades för var 2013-07-09, 2013-08-15 och 2013-09-13. Denna information hämtades från de generella listorna i TITANS uppföljningsfunktion. Utifrån detta material beräknades ett medelvärde för periodens rotstående lager, som låg till grund för beräkningarna av andel av rotstående lager som avverkats inom VO:t.

Databearbetning

Datat för alla maskiner under perioden 2013 sammanställdes och grupperades efter vilket VO som det tillhörde. Vidare gjordes analyser i Excel av flyttavstånd, avverkade volymer, lagernivåer och leveransuppfyllnad för VO:na. Analyser av flyttavstånd och avverkad volym gjordes även på maskinnivå. Ett första steg i dessa analyser var att plotta upp variablerna mot varandra i punktdiagram, för att subjektivt identifiera samband. För att statistiskt säkerställa linjära samband mellan flyttavstånd, avverkade volymer, lagernivåer och leveransuppfyllnad, testades en beroende variabel (y) och en förklarande variabel (x) genom regressionsanalys av typen variansanalys (ANOVA).

Regressionsanalyserna har utförts genom att testa hypoteserna för den linjära ekvationen (Formel 1). Nollhypotesen (H_0) har förkastats i de fall då p-värdet varit lägre än signifikansnivån 0,05, vilket tyder på att ett linjärt samband finns mellan variablerna.

$$y = \beta_0 + \beta_1 * x \quad (1)$$

$$H_0: \beta_1 = 0$$

$$H_1: \beta_1 \neq 0$$

Flyttavstånd mellan olika VO:n inom ett år analyserades i Minitab 16 genom variansanalys (ANOVA) baserad på modellen i Formel 2:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + e_{ij} \quad (2)$$

där y är den beroende variabeln (flyttavstånd), μ är totalmedelvärde, α är den oberoende huvudeffekten av respektive VO och e är de slumpvisa avvikelserna. ANOVA-modellen analyserades genom en generell linjär modell (GLM) och skillnader mellan olika nivåer på huvudeffekter (olika VO:n) har analyserats med hjälp av Tukey-test, för att söka parvisa skillnader. Som gräns för signifikanta skillnader har 0,05 använts.

Flyttavstånd mellan olika VO:n och mellan två år analyserades i Minitab 16 genom variansanalys (ANOVA) baserad på modellen i Formel 3:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + e_{ij} \quad (3)$$

där y är den beroende variabeln (flyttavstånd), μ är totalmedelvärde, α är den fixa huvudeffekten av respektive VO och β är den fixa huvudeffekten av år. Modellen innehåller även samspelseffekten mellan huvudeffekterna samt de slumpvisa avvikelserna (e). Även denna ANOVA-modellen analyserades genom en generell linjär modell (GLM) och skillnader mellan olika nivåer på huvudeffekterna olika VO:n och år har analyserats med hjälp av Tukey-test, för att söka parvisa skillnader. Som gräns för signifikanta skillnader har 0,05 använts.

För att kunna analysera och beskriva leveransuppfyllnaden för alla sortiment med en variabel per VO, så användes en volymvägd leveransuppfyllnad. Denna volymvägning innebar att varje m^3 fub värderades lika oavsett vilket sortiment de tillhörde. Volymvägningen gjordes genom att summan för alla inlevererade volymer dividerades med summan för volymerna i leveransplanerna för alla sortiment (Formel 4).

$$\text{Volymvägd lev. uppf. alla sortiment (\%)} = \frac{\text{Summa inlev. vol. alla sortiment}}{\text{Summa leveransplan alla sortiment}} \times 100 \quad (4)$$

I en del analyser har begreppet leveransprecision använts, vilket avser avvikelser från 100 % av leveransplanen för ett sortiment. För leveransprecision anges avvikelserna som ett absolut värde vilket medför att t.ex. 90 % och 110 % leveransuppfyllnad hade en avvikelse på 10 %.

Som beskrivande variabler för att visa ett förhållande mellan flyttavstånd och avverkad volym, användes variabeln flyttavstånd per 100 m^3 fub ($km/100 m^3$ fub). Variabeln anger

därmed hur långt avstånd man i genomsnitt behöver flytta för att kunna avverka 100 m³ fub virke.

2.2 Kartläggning av arbetssätt

Informationen till kartläggningen av arbetssätt vid ruttplanering samlades in via kvalitativa intervjuer med PL:arna på de sex VO:n som ingick i studien.

Intervjuernas upplägg

Intervjuerna innehöll två delar som hade två olika syften (det fullständiga intervjuformuläret finns bifogat i Bilaga 1):

- Den första delen utgjordes av frågor vars svar enbart skulle bidra till tolkningen av det tidigare insamlade materialet om flyttavstånd.
- Den andra delen av intervjun gick ut på att produktionsledarna skulle beskriva hur ruttplaneringsförfarandet för slutavverkningsmaskiner på deras VO går till.

Den första delen var uppbyggd av frågor som inte krävde några beskrivande svar. Anledningen att intervjuerna inleddes med denna del var för att respondenterna skulle bli bekväma med intervjusituationen.

Den andra delen baserades på en huvudfråga ”Berätta om hur ert VO’s ruttplaneringsarbete går till utifrån traktbank och leveransplan till färdig rutt för maskinerna”. Detta skulle beskrivas i två steg. Först skulle respondenten beskriva sitt VO’s tillvägagångssätt vid skapandet av en preliminär ruttplan och sedan vid skapandet av en planerad (skarp) ruttplan. Med planerad rutt avses den rutt som är fastslagen och som maskinförarna arbetar efter. En preliminär rutt är ett schema över trakter som är föreslagna att ingå i nästkommande planerade rutt. I de fall ett VO inte arbetade med att skapa preliminära rutter, uteslöts denna del av intervjun. Följdfrågor ställdes kontinuerligt under intervjun för att öka förståelsen av hur arbetsprocesserna gick till.

Respondenterna blev informerade av Patrik Andersson som är skogsteknisk- och entreprenörsutvecklare på Södra, om att de skulle bli tillfrågade att ställa upp på intervjuer om ruttplanering. Sedan skickades intervjuformuläret och en förfrågan om tid för intervju ut till respondenterna via mejl.

Intervjuernas genomförande

Intervjuerna genomfördes som telefonintervjuer. Anteckningar fördes kontinuerligt under intervjuerna och samtalen spelades in. Anteckningarna utgjordes i huvudsak av ruttplaneringsprocessens ingående parametrar. Parametrarna var vilka aktiviteter som utförs, resultat av respektive aktivitet, tillhörande information till varje aktivitet och vem som utförde aktiviteten. Under intervjuerna fick respondenterna först beskriva vilka arbetsaktiviteter som ingår i planeringen samt vad som blir resultatet av varje aktivitet, sedan fick de ange vilken information de tar del av i de ingående aktiviteterna och vem som utför respektive aktivitet.

Databearbetning genom processkartläggning

Anteckningarna från intervjuerna kompletterades med att inspelningarna från intervjuerna transkriberades och ytterligare detaljer kunde identifieras. Anteckningarna från intervjuerna strukturerades upp med post it-lappar som en ”rå” processkarta per VO. Sedan

identifierades likheter mellan dessa processkartor. Dessa likheter namngavs med samma terminologi.

Processkartor för de olika arbetssätt som förekom skapades. De komponenter som användes i processkartan var aktivitet, objekt in, objekt ut, resurs i form av vem som utförde respektive aktivitet och vilken information som krävdes för aktiviteten. När processkartorna sammanställdes så skickades den processkarta som var aktuell för respektive VO ut till de intervjuade PL:arna, så att de gavs möjlighet att ge synpunkter på kartans innehåll.

2.3 Analys av samband mellan arbetssätt, flyttavstånd och leveransprecision **Databearbetning**

För att identifiera eventuella samband mellan de skilda arbetssätten och de uppgifter som samlats in i del ett, ställdes punktdiagram upp mellan för studien relevanta variabler. Punkterna i diagrammet utgjordes av respektive VO's värden. Dessa punkter markerades med olika symboler beroende på vilket arbetssätt som tillämpades vid ruttplanering.

De variabler som testades var värden för flyttavstånd, leveransprecision av respektive sortiment och leveransprecision för volymvägt värde av alla sortiment. Dessa tester gjordes både för materialet från 2012 och 2013. När dessa diagram ställts upp så analyserades de olika arbetssättens spridning inom respektive variabel.

2.4 Kostnadskalkyl för maskinflytt med jordbrukstraktor och trailer

Förutsättningar som kalkylen gäller för

Denna kalkyl gäller under förutsättning att traktorn och trailern följer skogsmaskinen och att man förvarar ekipaget vid avverkningstrakten under tiden man arbetar med skogsmaskinen. Förarlönen vid maskinflytten antas vara inkluderad i timkostnaden för skogsmaskinen och således görs i detta exempel antagandet att skogsmaskinföraren själva kör traktorn. Kalkylen har beräknats med en årlig användning av traktorn och trailern på 60 timmar. Detta var det ungefärliga antalet flytt- och lastning/lossningstimmar per år som en maskinförare har, med utgångspunkt ifrån det material som samlats in i första delen av denna studie.

Urval av traktor och trailer till exempelkalkyl

Den utrustning som användes i kalkylexemplet valdes ut efter samtal med entreprenörer som tillämpar denna flyttmetod i sitt dagliga arbete. Entreprenörerna fick tycka till om egenskaper för och vilken typ av traktor och trailer som skulle användas i exemplet. Traktorn som användes i exemplet var en New Holland 8970 av årsmodell 1999 med 7310 körda driftstimmar. Inköpspris för denna traktor var 195 000 SEK. Trailern som användes var en tre-axlad Chieftain trailer med maximal lastkapacitet på 26 ton med inköpspris 200 000 SEK. Återanskaffningsvärdet har beräknats på en New Holland T7.235 som är dagens motsvarighet, nypris i standardutförande för denna maskin är 1 100 000 SEK.

Skapande av kalkyl

Denna del inleddes med att litteratur söktes för att finna en lämplig metodik för att göra en maskinkostnadskalkyl för jordbrukstraktor och trailern. Kalkylmetoden som användes var av typen realkalkyl, vilket är en typ av kalkyl som beräknas med dagens penningvärde för kostnaderna och att räntan justeras med hänsyn till inflationen (Jönköpings Länsstyrelse 1998). De kostnadsposter som ingår i kalkylen är:

- Värdeminskning, som är baserad på återanskaffningsvärdet, vilket är priset av en motsvarande ny maskin idag. Inköpspriset och restvärdet vid försäljning av maskinen anges i procent av återanskaffningsvärdet. Värdeminskningen beräknas som en årlig minskning på 8 % för traktor och 10 % för redskap (Arvidsson 2010).
- Ränta, i kalkylen används realräntan.
- Underhåll, maskinunderhållet räknas som en rörlig kostnad som ökar med antalet användningstimmar av maskinen. Underhållskostnaderna har framkommit utifrån tidigare maskinkostnadsundersökningar.
- Skatt och försäkring, beräknas enligt schablon som 0,3 % av återanskaffningsvärdet.
- Drivmedel, denna kostnad avser driv- och smörjmedel för maskinen. För att få med kostnaden för smörjmedel räknades schablonmässigt 1,25 gånger det aktuella dieselpriset.

Vilka ingångsvärden som använts i kalkylen för respektive kostnadspost presenteras i Tabell 1. Tidsangivelserna avser grundtid exklusive avbrott (G_0 -tim).

Tabell 1. Ingångsvärden till kalkylexempel för traktor och trailer

Table 1. The input values for the calculation example for tractor and trailer

	Traktor	Trailer
Återanskaffningsvärde (Å) [SEK]	1 100 000	200 000
Värde vid inköp (A) [% av Å]	17,73	100
Kalkylperiod (C) [år]	10	10
Restvärde (B) [% av Å]	7,70	21
Realränta (R) [%]	6	6
Underhållskostnad (U) [SEK/ G_0 -tim per 1000 kr Å]	0,1	
Underhållskostnad (U1) [SEK/år]		10 000
Årlig användningstid (T) [G_0 -tim/år]	60	60
Drivmedelskostnad (P) [SEK/l]	11,74	
Drivmedelsförbrukning (D) [l/ G_0 -tim]	15	

Hur de årliga kostnaderna och kostnaderna per G_0 -timme för traktor och trailer har beräknats, presenteras i Tabell 2.

Tabell 2. Traktor- och trailerkalkyl

Table 2. Tractor and trailer calculation

Kalkyl	Traktor	Trailer
<i>Värdeminskning [SEK/år]</i>	11 029	15 800
$(A - B) \times \text{Å} / C$		
<i>Räntekostnad [SEK/år]</i>	8 391	7 260
$(A + B) / 2 \times \text{Å} \times R$		
<i>Underhåll [SEK/år]</i>	6 600	
$U \times \text{Å} \times T$		
$0,11 \times \text{Å} / 1000 \times T$		
<i>Underhåll [SEK/år]</i>		10 000

U1		
<i>Skatt och försäkring [SEK/år]</i>	3 300	
$S \times \ddot{A}$		
$0.3 \% \times \ddot{A}$		
<i>Driv- och smörjmedel [SEK/år]</i>	13 212	
$D \times P \times T \times 1.25$		
Årlig kostnad (SEK/år)	42 532	33 060
Timkostnad (SEK/G ₀ -timme)	709	551

I kalkylen flyttas endast en maskin. Kostnaden för den maskin som flyttas, antas vara 1 200 SEK/G₀ -timme. Traktorn kör i en genomsnittlig hastighet av 27 km/h. Tidsåtgången för lastning respektive lossning av maskinen antas vara 15 minuter vardera.

3 Resultat

3.1 Flyttavstånd 2013

Antalet maskiner som följdes per VO varierade mellan 3-6 maskiner och totalt följdes 26 maskiner (Tabell 3).

Antalet maskinflyttar som studerades per VO varierade mellan 42 – 69 stycken. Totalt för alla sex VO:n ingick 321 flyttar i försöket (Tabell 3). Antalet flyttar per maskin och månad varierade mellan 5,1 – 8,5 stycken (Tabell 3).

De VO:na med längst medelflyttavstånd var VO: D (17,4 km) och VO: F (17,3 km). Det område som hade kortast medelflyttavstånd var VO: B (9,9 km) (Tabell 3 och Figur 2). Standardavvikelsen var i stort sett lika stor som medelflyttavståndet (Tabell 3 och Figur 2). Resultatet från ANOVAN visade att en signifikant skillnad mellan VO:nas medelflyttavstånd fanns ($p = 0,018$). Enligt Tukey-testet, gick det inte att bevisa mellan vilka VO:n de signifikanta skillnaderna fanns (Tabell 3). Lägst respektive högst värde på medelflyttavstånd hade VO: B (9,9 km) och VO: D (17,4).

Medianflyttavstånden varierade från 6,5 -17,7 km mellan VO:na. De största skillnaderna i medianflyttavstånd var mellan VO: B och VO: D samt mellan VO: B och VO: F (Tabell 3).

Andel av medelvärde för rotstående lager av slutavverkningsvolym som avverkades under perioden varierade mellan 40,3 % - 77,4 %. De VO:n som avverkade störst andel var VO: D (77,4 %) och VO: A (57,0 %) (Tabell 3.).

Medeltraktens storlek för VO:na varierade mellan 482,3 m³fub till 1 303,5 m³fub. VO: D hade störst medeltrakt (1 303,5 m³fub) under perioden och VO: B hade minst medeltrakt (482,3 m³fub) (Tabell 3.).

I Tabell 3 anger variabeln ”Avverkad volym under perioden” den volym som avverkades av maskinerna på respektive VO, mellan de datum som maskinerna följdes. I variabeln ”Kvarvarande volym på sista trakterna vid periodens slut” anger de kvarvarande volymerna som avverkades på varje maskins sista trakt efter periodens slut.

Antalet trakter som funnits med i rutterna för försöksperioden varierade mellan VO:na från 45 till 77. De VO:n som behandlade flest trakter i sin ruttplanering var VO: A (77), VO: E (72) och VO: F (56) (Tabell 3).

Det längsta flyttavståndet mellan två avverkningsstrakter, varierade mellan VO:na från 33,1 km till 65,9 km och den längsta flytten hade VO: D (Tabell 3).

Den volymvägda leveransuppfyllnaden för alla sortiment varierade mellan 87 – 110 %. Högst leveransprecision av den volymvägda leveransuppfyllnaden av alla sortiment hade VO: C (100 %) och lägst leveransprecision hade VO: D (87 %) (Tabell 3).

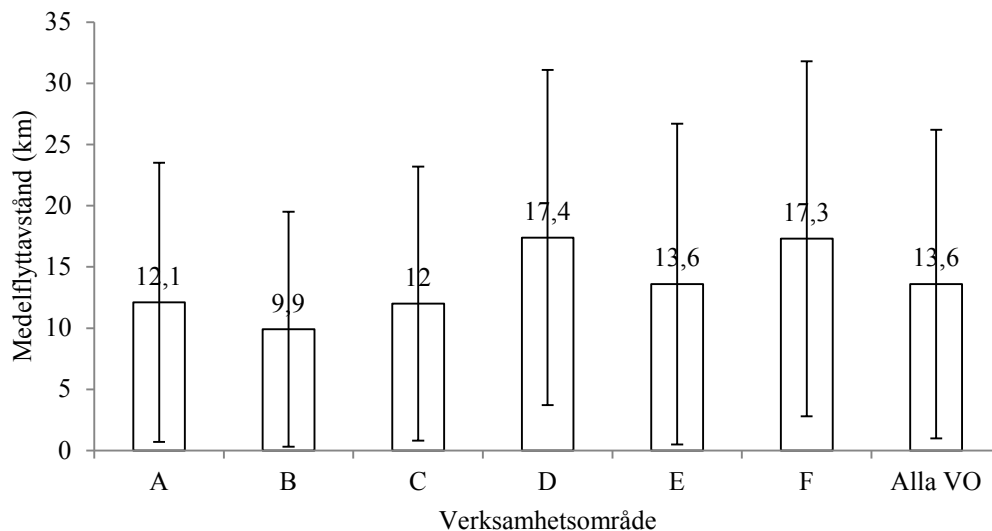
De VO:n som avverkade lägst andel av sitt rotstående lager har haft högst leveransprecision för den volymvägda leveransuppfyllnaden (Tabell 3).

Tabell 3. Samtliga uppgifter om flyttavstånd, avverkade volymer, lagernivåer och leveransuppfyllnad för respektive VO under juli – september 2013

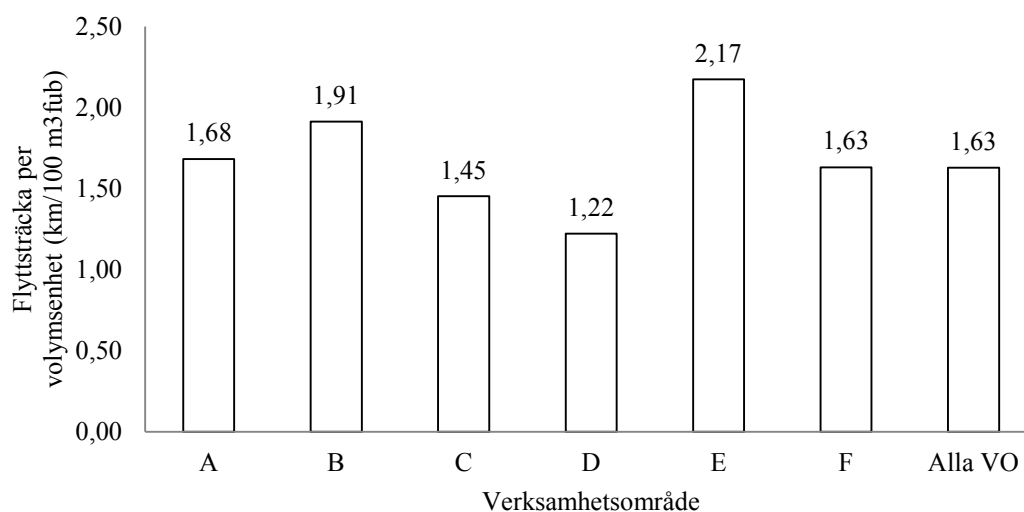
Table 3. All data on relocation distances, harvested volumes, inventory levels and delivery fulfilment for each business area during July – September 2013

Variabel	VO						
	A	B	C	D	E	F	Alla
Antal maskiner	6	3	4	4	4	5	26
Antal flyttar, totalt	69	42	48	43	68	51	321
Antal flyttar/maskin och månad	5,8	7,0	6,0	5,4	8,5	5,1	6,2
Antal trakter	77	45	51	47	72	56	348
Medelflyttavstånd (km), (Sd) *	12,1 ^A (11,4)	9,9 ^A (9,6)	12,0 ^A (11,2)	17,4 ^A (13,7)	13,6 ^A (13,1)	17,3 ^A (14,5)	13,6 (12,6)
Medianflyttavstånd (km)	8,9	6,5	9,7	17,7	11,6	14	11
Längsta flyttavstånd (km)	47,8	33,1	56,5	65,9	54,5	60,8	65,9
Totalt flyttavstånd under perioden (km)	835,7	415,4	575,3	748,2	924,2	881,7	4 380,5
Avverkad volym under perioden (m ³ fub)	47 907	20 760	36 949	56 860	42 533	52 299	257 309
Kvarvarande volym på sista trakterna vid periodens slut (m ³ fub)	1 753	945	2 663	4 404	0	1 746	11 511
Andel gallringsvolym av totalt avverkad volym (%)	0,9	2,9	0,9	0,4	0,4	2,0	1,1
Medeltrakt (m ³ fub)	644,9	482,3	776,7	1 303,5	590,7	982,6	774,7
Flyttsträcka per avverkad volym (km/100 m ³ fub)	1,68	1,91	1,45	1,22	2,17	1,63	1,63
Andel av genomsnittligt rotstående lager av slutavverkningsvolym som avverkats (%)	57,0	46,4	40,3	77,4	53,1	49,9	53,7
Lev.uppf. Normaltimmer (%)	82	104	91	90	119	116	99
Lev.uppf. Barrmassaved (%)	93	91	98	76	91	80	87
Lev.uppf. Sparr-klent & barrkubb (%)	90	83	113	85	143	81	97
Lev.uppf. Lövmassaved (%)	127	173	132	142	181	95	139
Volymvägd leveransuppfyllnad alla sortiment (%)	91	105	100	87	110	95	98

* Värden med olika upphöjda bokstäver är signifikant skilda åt enligt Tukey-test $p \leq 0,05$



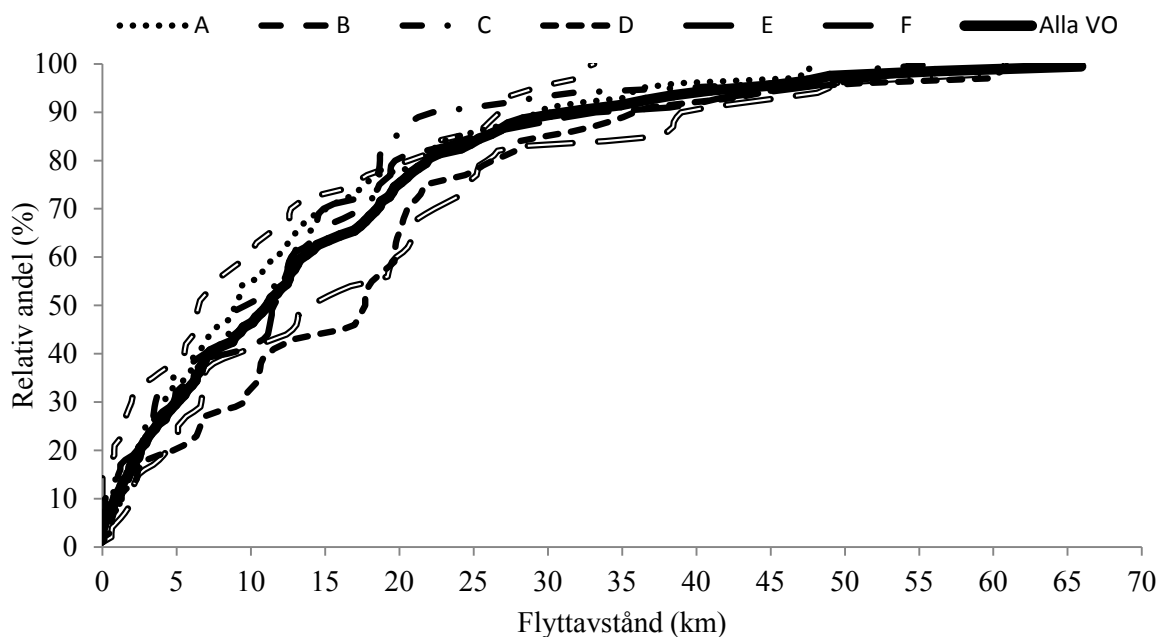
Figur 2. Medelflyttavstånd och standardavvikelse per VO under juli - september 2013.
Figure 2. Average relocation distance and standard deviation per business area in July – September 2013.



Figur 3. Flyttavstånd per volymsenhet, och VO under juli - september 2013.
Figure 3. Relocation distance per unit volume, per business area in July – September.

Det VO som hade det längsta medelflyttavståndet hade det kortaste flyttavståndet per 100 m³fub avverkat virke (1,22 km/100 m³fub). Det VO som avverkade störst andel av sitt rotstående lager av slutavverkningsvolym under perioden (77,4 %), hade också lägst volymvägda leveransplansuppfyllnad (87 %) (Tabell 3, Figur 2 och 3).

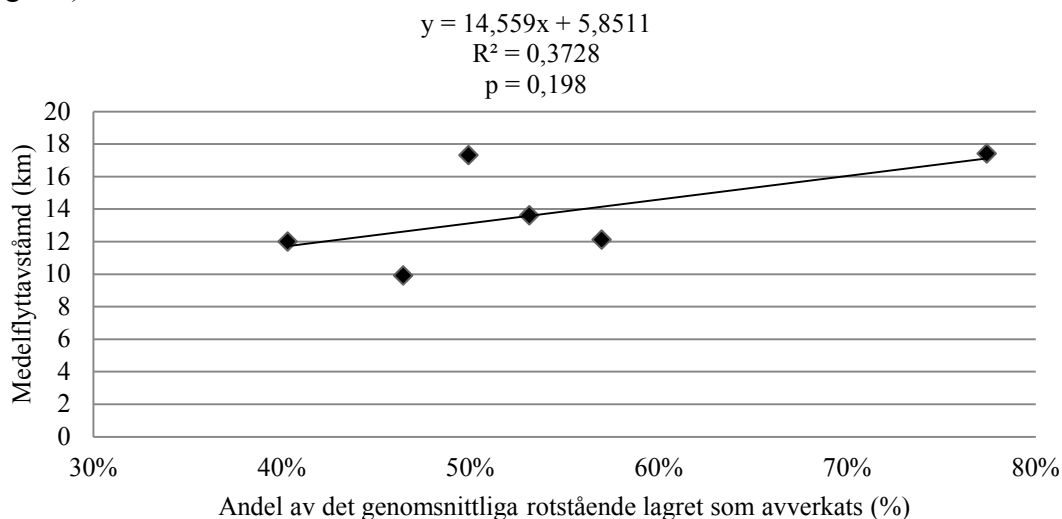
Av Figur 4 framgår att 10 % av alla de studerade flyttarna 2013 var $\leq 0,8$ km, 50 % var ≤ 11 km samt att 90 % av alla flyttar var $\leq 30,1$ km (Figur 4).



Figur 4. Fördelning av flyttavstånd i percentiler, för alla sex VO:n och för alla flyttar tillsammans, under juli - september 2013.

Figure 4. Distribution of relocation distances in percentiles, for all six business areas and for all relocations together, during July – September 2013.

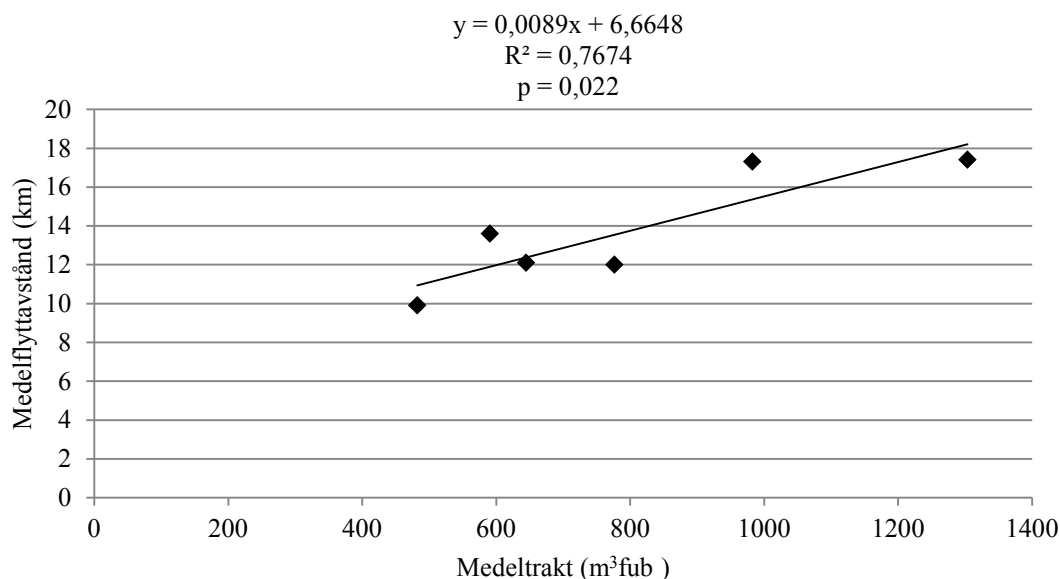
Medelflyttavståndet var längre för de VO:n som var tvungna att avverka en större andel av sitt rotstående lager, vilket dock inte var ett statistiskt säkerställt samband ($p = 0,198$) (Figur 5).



Figur 5. Medelflyttavstånd som funktion av avverkad andel av det genomsnittliga rotstående lagret.

Figure 5. Average relocation distance as a function of the harvested percentage of the standing stock.

Medelflyttavståndet ökade signifikant med storleken på medeltrakten ($p = 0,022$) (Figur 6).



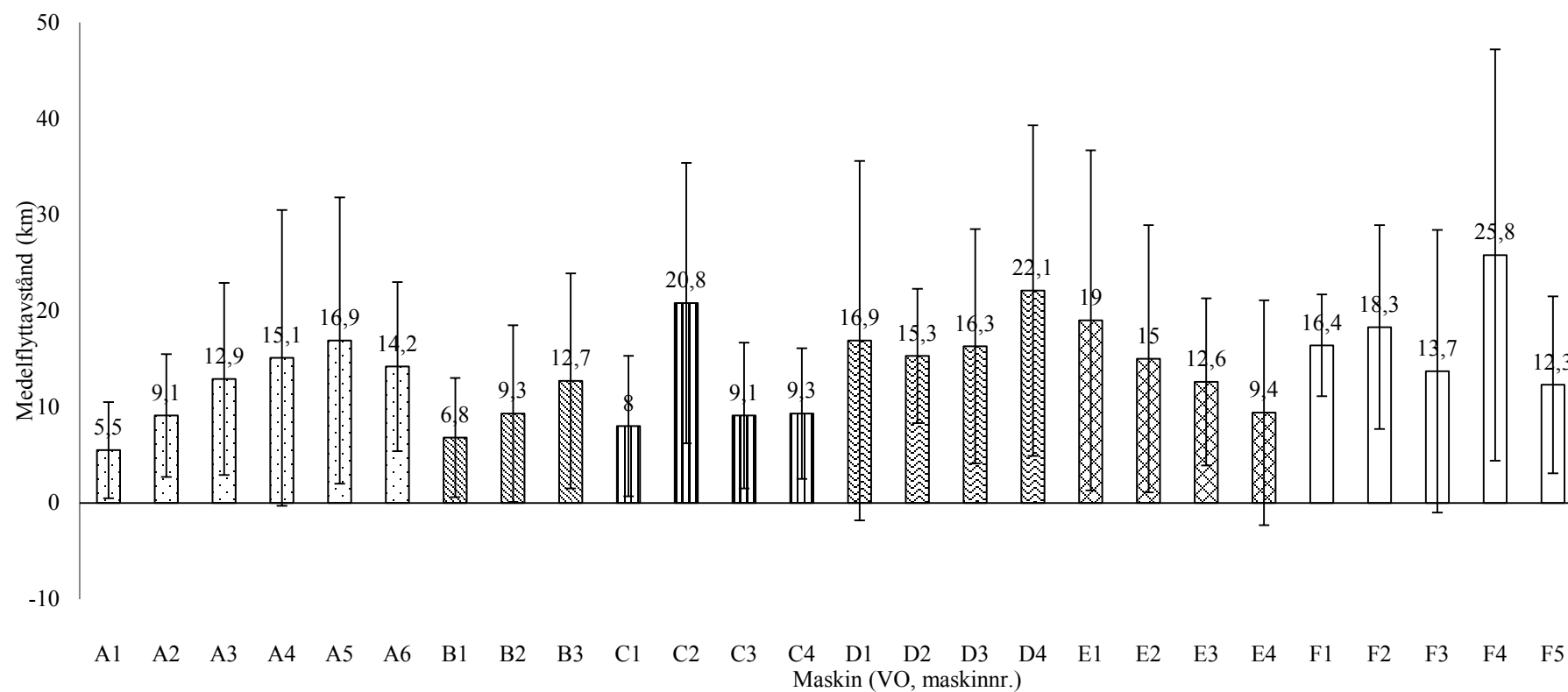
Figur 6. Medelflyttavstånd som funktion av medeltrakt (m³fub).

Figure 6. Average relocation distance as a function of average volume per cutting area (cubic metre solid volume excl. bark).

3.2 Flyttavstånd per maskin 2013

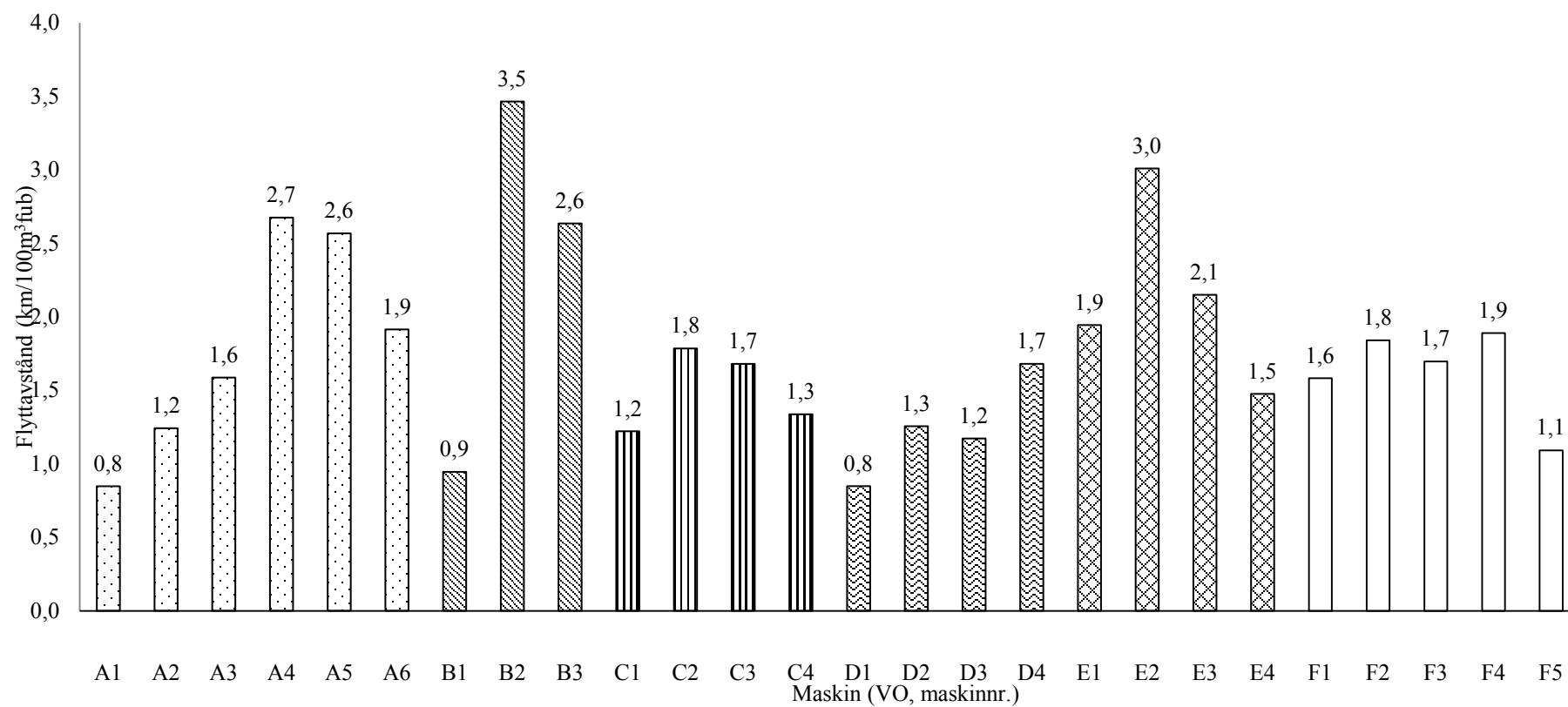
Det finns skillnader i medelflyttavstånd och flyttavstånd per volymsenhet mellan maskinerna inom samma VO (Figur 7 och 8).

VO: C var det VO som hade störst variation i medelflyttavstånd mellan maskinerna (8-20,1 km) och VO: B hade minst variation (6,8 – 12,7 km) (Figur 7). Det kortaste medelflyttavståndet för en maskin var 5,5 km och det längsta var 25,8 (Figur 7). VO: B hade störst variation i flyttavstånd för att nå 100 m³fub (0,9-3,5 km) och VO: C hade minst variation (1,2–1,8 km) (Figur 8). För alla maskiner var det kortaste flyttavståndet per volymsenhet 0,8 km/100 m³fub och det längsta avståndet 3,5 km/100 m³fub (Figur 8).



Figur 7. Medelflyttavstånd per maskin under juli – september 2013.

Figure 7. Average relocation distance per machine during July – September 2013.



Figur 8. Flyttavstånd per volymsenhet och maskin under juli – september 2013.

Figure 8. Relocation distance per unit volume, per machine during July – September 2013.

3.3 Jämförelse av flyttavstånd mellan 2012 och 2013

Medelflyttavstånden varierade 2012 från 9 – 14,8 km och 2013 från 9,3 – 16 km för de tre referensmaskinerna. Störst variationer mellan de två åren hade VO: C (8,3 km 2012; 12,5 km 2013), VO: D (11,5 km 2012; 15,4 km 2013) och VO: F (12,3 km 2012; 16 km 2013). Minst variation mellan åren hade VO: A (9 km 2012; 9,3 km 2013). För alla VO:n tillsammans var medelflyttavståndet kortare 2012 än 2013 (11,0 km 2012; 12,6 km 2013). Standardavvikelsen var i stort sett lika stor som medelflyttavståndet för båda åren (Tabell 4). Medelflyttavstånden 2012 mellan VO:na var inte signifikant skilda från varandra ($p = 0,067$). Skillnaderna i medelflyttavstånd mellan åren, inom VO:na var inte signifikanta ($p = 0,171$).

Medianflyttavstånden varierade 2012 från 5,4 till 12,6 km mellan VO:na och 2013 från 6,5 till 15,4 km mellan VO:na (Tabell 4).

De längsta flyttarna varierade 2012 från 37,4 – 52,4 km och 29,3 – 56,5 km 2013. Störst skillnaden mellan åren hade VO: E (8,6 km) och minst skillnad hade VO: D (4,1 km). För de tre referensmaskinerna hade VO: F det längsta flyttavståndet 2012 och VO: C det längsta 2013 (Tabell 4).

Den volymvägda leveransuppfyllnaden för alla sortiment varierade för perioden 2012 mellan 92 – 121 %. Störst skillnad mellan åren för den studerade perioden hade VO: C (21 %) och minst skillnad hade VO: E (2 %). Högst leveransprecision för den volymvägda leveransuppfyllnaden 2012 hade VO: F (101 %) (Tabell 4).

Den inmätta volymen varierade lite mellan åren, för samtliga VO:n, då den totalt inmätta volymen ökade med 7 % från år 2012 till år 2013.

Kortast flyttavstånd för att nå 100 m³fub hade VO: D båda åren (1,03 km 2012; 1,09 km 2013). Det område som hade längst flyttavstånd för att nå 100 m³fub både för 2012 och 2013 var VO: B (1,77 km 2012; 1,91 km 2013) (Tabell 4).

Tabell 4. Samtliga uppgifter om flyttavstånd, leveransplansuppfyllnad och avverkade volymer för de tre referensmaskinerna som studerades både under juli – september år 2012 och 2013

Table 4. All data on relocation distances, delivery fulfilment and harvested volumes for the three reference machines that were studied both during July – September in 2012 and 2013

Variabel	VO						Alla
	A	B	C	D	E	F	
Antal flyttar 2012	47	37	47	40	27	41	239
Antal flyttar 2013	36	42	40	30	43	36	227
Medelflyttavstånd, (Sd) (km) 2012	9 (8,5)	11,9 (8,7)	8,3 (8,6)	11,5 (7,6)	14,8 (10,8)	12,3 (13,8)	11,0 (10,0)
Medelflyttavstånd, (Sd) (km) 2013	9,3 (8,3)	9,9 (9,6)	12,5 (11,8)	15,4 (11,2)	13,2 (14,5)	16 (12)	12,6 (11,8)
Median (km) 2012	7,9	9,7	5,4	11,5	12,6	6	8,7
Median (km) 2013	6,6	6,5	10,7	15,4	11,4	14,6	10,0
Längsta flytt (km) 2012	37,4	40,8	48,8	39,2	45,9	52,4	52,4
Längsta flytt (km) 2013	29,3	33,1	56,5	43,3	54,5	48,7	56,5
Totalt flyttavstånd (km) 2012	425,2	441	389,3	461	400,1	504,5	2621,1
Total flyttavstånd (km) 2013	333,9	415,4	500,6	460,9	567,5	576	2854,3
Avverkad volym under perioden 2012 (m ³ fub)	27 800	24 537	27 746	43 260	22 688	29 013	175 043
Avverkad volym under perioden 2013 (m ³ fub)	26 399	20 761	31 361	39 760	28 000	33 270	179 550
Flyttsträcka per avverkad volym (km/100 m ³ fub) 2012	1,48	1,77	1,39	1,03	1,70	1,64	1,45
Flyttsträcka per avverkad volym (km/100 m ³ fub) 2013	1,22	1,91	1,49	1,09	1,72	1,73	1,49
Volymvägd leveransuppfyllnad alla sortiment (%) 2012	96%	92%	121%	94%	108%	101%	102%
Volymvägd leveransuppfyllnad alla sortiment (%) 2013	91%	105%	100%	87%	110%	95%	98%

3.4 Arbetssätt

De sex VO:n som ingått i studien genomförde sin ruttplanering utifrån tre olika arbetssätt. Processkartor som beskriver dessa arbetssätt kan ses i Figur 9, 10 och 11. De VO:n som tillämpar en centraliserad ruttplanering (arbetssätt 1) är VO: B, VO: C och VO: D. VO: A arbetar enligt ett arbetssätt där ruttplaneringen ifrån grunden görs gemensamt mellan produktionsledaren och skogsinspektörerna (arbetssätt 2). VO: E och VO: F arbetar enligt ett decentraliserat arbetssätt (arbetssätt 3).

Aktivitetsbeskrivning

Gemensamma aktiviteter för arbetssätt 1, 2 och 3:

- *Kontrollera maskinresurser*, här görs en avstämning mot maskinförarna om hur mycket arbete de har kvar i sin rutt och var de befinner sig.
- *Analysera leveransplan*, i denna aktivitet kontrolleras hur mycket VO:t har kvar att leverera av de olika sortimenten, för att möta leveransplanen.
- *Söka trakter*, här söks trakter ut som har rätt beståndsförutsättningar för att möta leveransplanen och de rådande drivningsförhållandena.
- *Schemalägga*, i denna aktivitet så schemaläggs vilken tidsmässig ordning som de utsökta trakterna ska avverkas i.

Gemensamma aktiviteter för arbetssätt 1 och 2:

- *Fastställa preliminär rutt*, här fastställs att trakterna i den preliminära ruten är färdigplanerade och således klara att avverkas.
- *Korrigera för störning*, här ändrar man om i den skarpa ruten i de fall det sker en störning som påverkar ruten.

Unik aktivitet för arbetssätt 1:

- *Förankra preliminär rutt*, här förankras den av produktionsledaren föreslagna preliminära ruten med skogsinspektorena.

Unik aktivitet för arbetssätt 2:

- *Sortera rotlager*, här sorteras det rotstående lagret utifrån vilken skogsinspektor som köpt in respektive trakt och denna sortering skickas ut i en lista till skogsinspektorena. Syftet med denna aktivitet är att skogsinspektorena ska tänka över sina trakter inför ruttplaneringen.

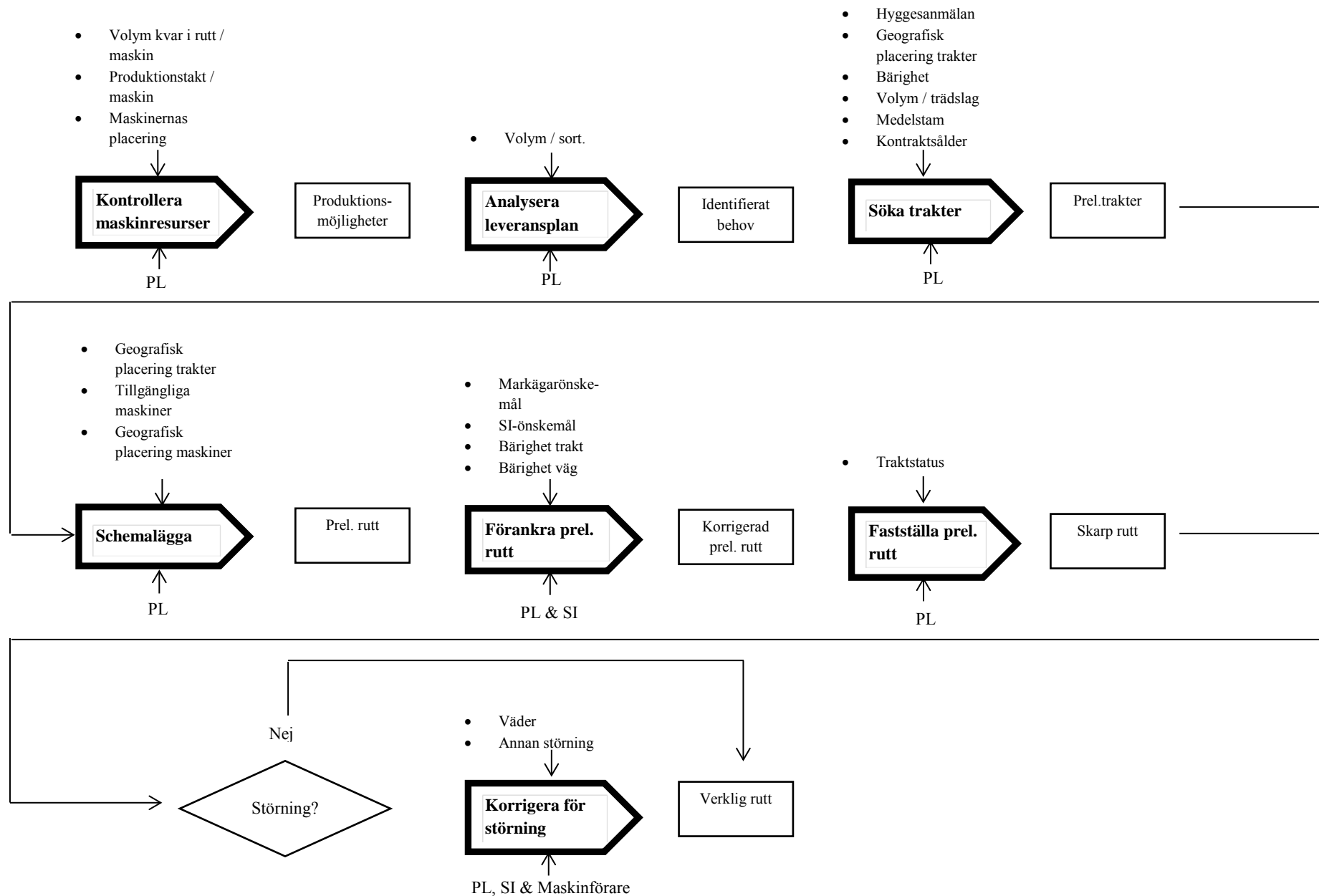
Unika aktiviteter för arbetssätt 3:

- *Informera om sortimentsprioritet*, här skapas en ”produktionsorder”, som skickas till skogsinspektorena och maskinförarna, så att de vet vilka sortiment som är prioriterade. Denna ”produktionsorder” baseras på hur mycket volym man har kvar att driva fram av respektive sortiment, för att möta leveransplanen. ”Produktionsordern” skickas ut via e-posta av PL till SI och maskinförarna.
- *Förflytta resurs mellan SI*, här flyttas maskinresurser mellan skogsinspektorens geografiskt skilda inköpsområden utifrån beläggningsgrad av maskin och inköpt volym per skogsinspektor.
- *Lägga upp trakter mot maskinförare*, här läggs inköpta och fältplanerade trakter upp som planerade, så att de åskådliggörs för maskinförarna.

Resursbeskrivning

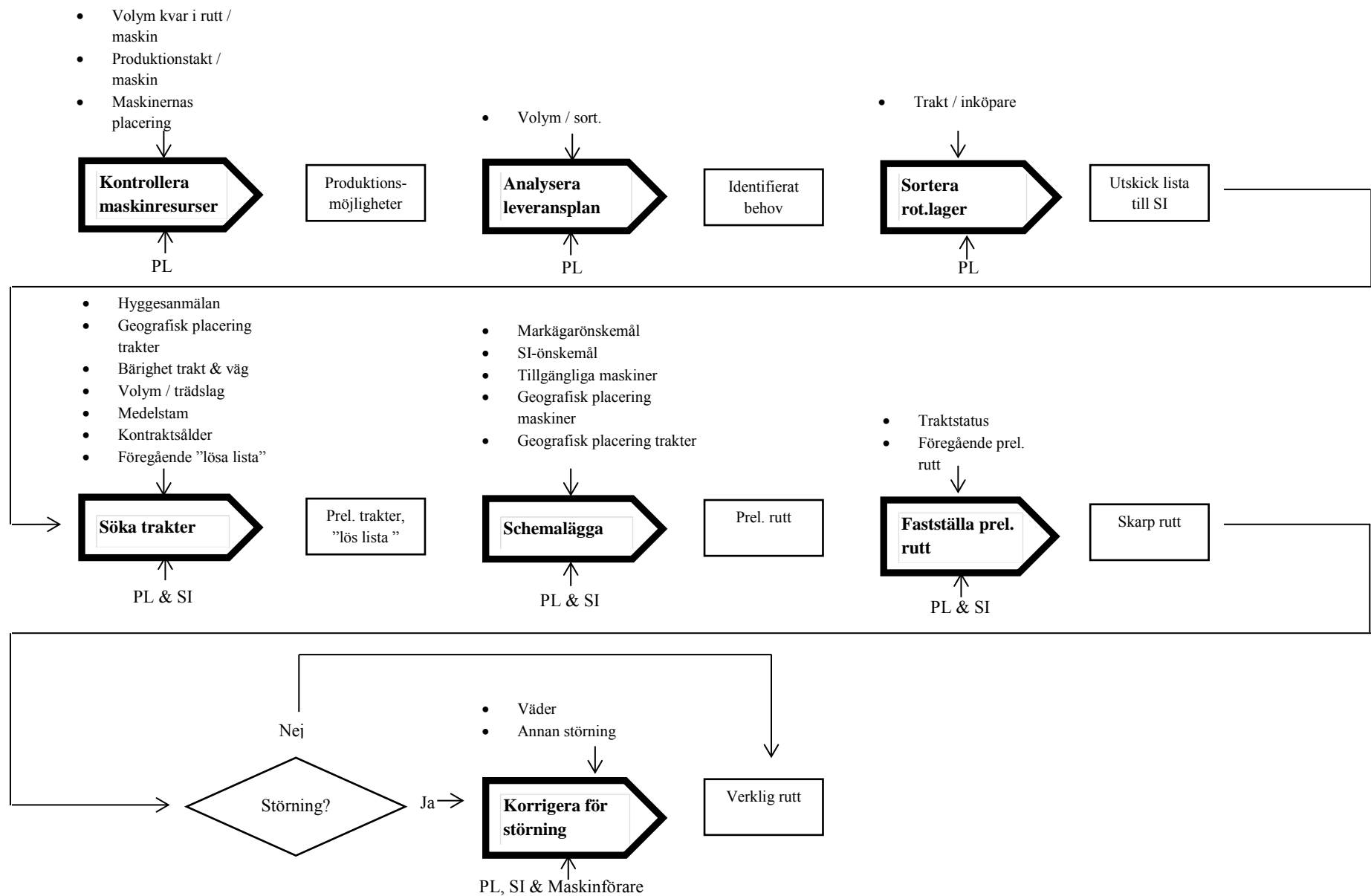
Vem som utför respektive aktivitet:

- *PL*, Produktionsledare
- *SI*, Skogsinspektor
- *Maskinförare*, Skogsmaskinförare



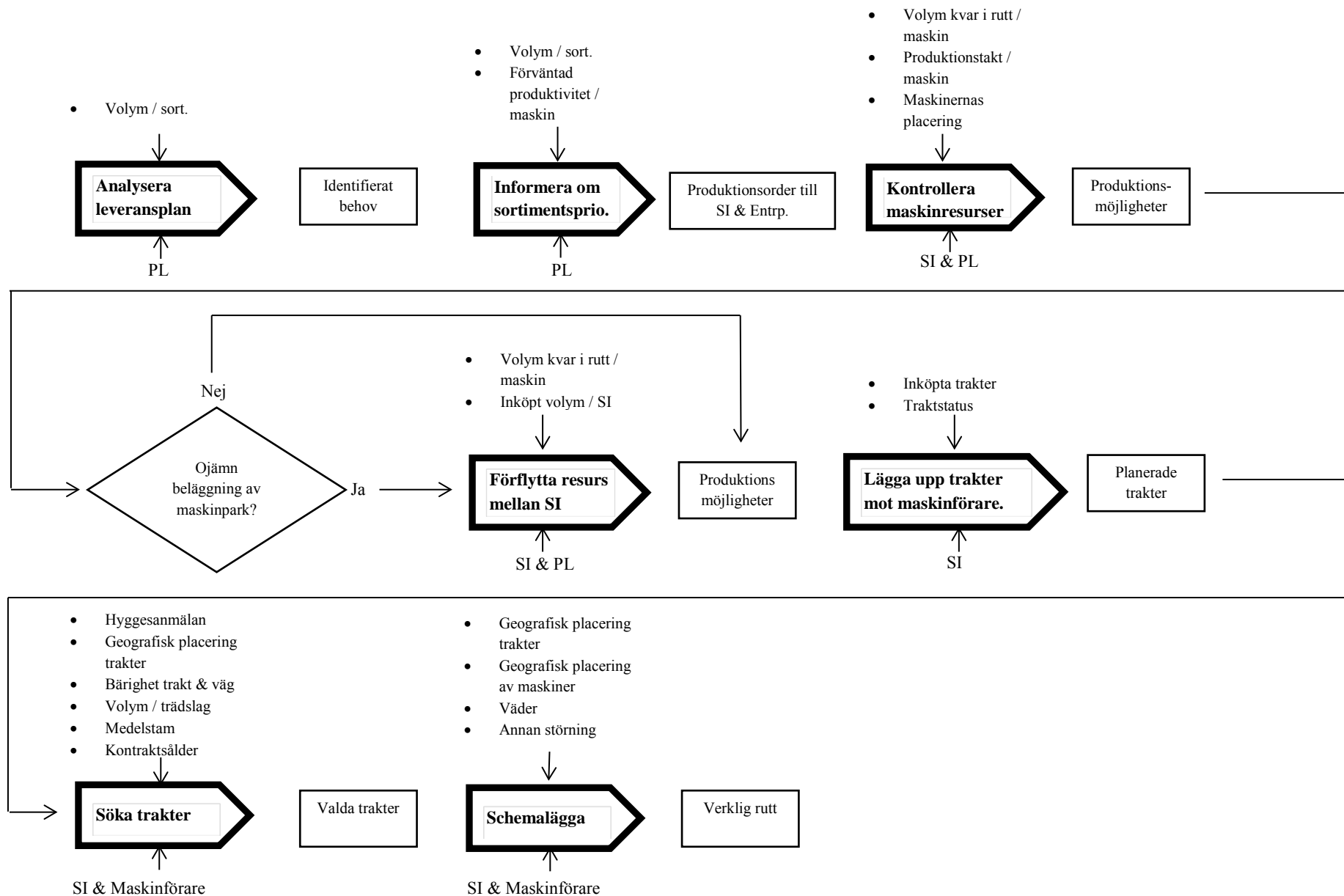
Figur 9. Arbetssätt 1. Centraliserad ruttplanering inom VO:t. Produktionsledaren skapar föreslagna rutter för maskinerna.

Figure 9. Working manner one. Centralized routing within the business area. Production Leader creates proposed routes for the machines.



Figur 10. Arbetssätt 2. Gemensam ruttplanering inom VO:t. Produktionsledaren tillsammans med skogsinspektorer skapar rutterna ifrån grunden.

Figure 10. Working manner two. Common route planning within the business area. Production leader together with the forest inspector's creates routes from scratch.



Figur 11. Arbetsätt 3. Decentraliserad ruttplanering inom VO:t. Skogsinspektörerna tillsammans med maskinförarna skapar rutterna ifrån grunden.

Figure 11. Working manner three. Decentralized routing into the business area. The forest inspector's together with the machine operators create the routes from scratch.

Skillnader mellan de tre arbetssätten

I arbetssätt 1, centraliserad ruttplanering inom VO:t, tar produktionsledaren på egen hand fram en preliminärutt utifrån den information som finns om respektive avverkningstrakt i beslutsstödet TITAN. Denna rutt förankras sedan med skogsinspektörerna och då tillkommer eventuellt ytterligare information om respektive avverkningstrakt. Sedan görs korrigeringar utifrån denna information. Om ingen ytterligare information tillkommer vid förankringen så används den preliminära rutt som produktionsledaren skapat (Figur 9).

Vid tillämpningen av arbetssätt 2 skapar skogsinspektörerna och produktionsledaren den preliminära rutten och den skarpa rutten gemensamt, redan ifrån grunden. I detta arbetssätt tar man del av all den information som skogsinspektören känner till om avverkningstrakterna redan i inledningen av ruttplaneringen. Utöver att man skapar en preliminär och en skarp rutt så tar man också gemensamt fram en "lös lista" med trakter som är lämpliga till att ingå i nästkommande preliminära rutt (Figur 10).

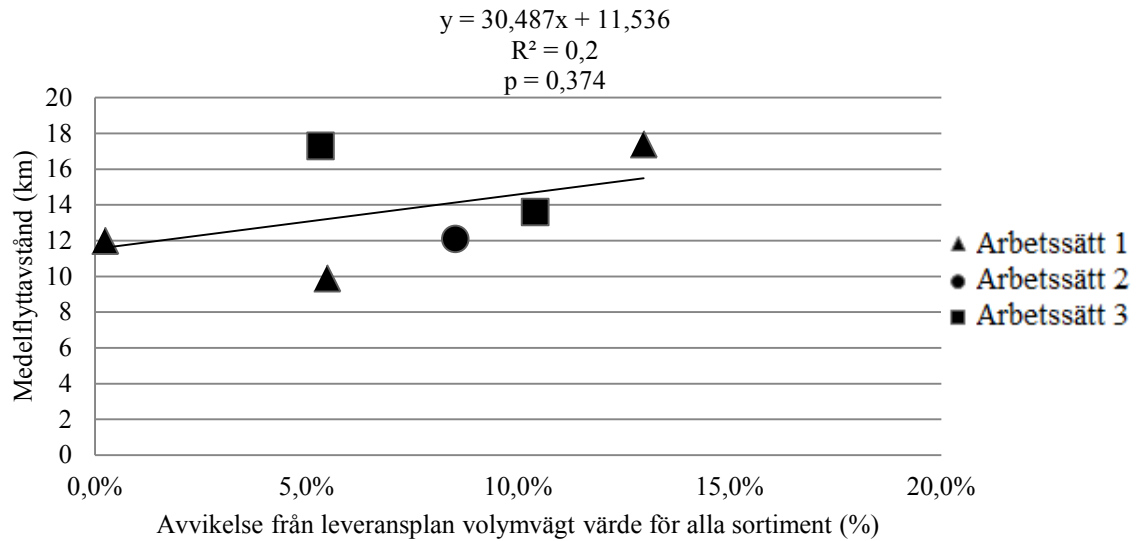
I arbetssätt 3, decentraliserad ruttplanering inom VO:t, skapas maskinernas rutter i samråd mellan skogsinspektörerna och skogsmaskinförarna. Således är inte produktionsledaren involverad i ruttplaneringen. Detta arbetssätt bygger på att skogsinspektörerna lägger upp trakterna och åskådliggör dem för maskinförarna, så snart de är inköpta och fältplanerade. Anledningen till detta är för att maskinförarna ska kunna se samtliga trakter som finns inköpta och på så vis kan de hjälpa skogsinspektören att ruttplanera trakterna. Inom arbetssätt 3 skapas inga preliminära rutter, utan skarp rutt skapas direkt. I detta arbetssätt så informerar produktionsledaren skogsinspektörerna och skogsmaskinförarna om vilka sortiment som är prioriterade under den aktuella perioden (Figur 11).

Samma information behandlades i samtliga tre arbetssätt, skillnaden var bara när och av vem den behandlades inom ruttplaneringsprocessen (Figurer 9, 10 och 11).

3.5 Samband mellan arbetssätt, flyttavstånd och leveransuppfyllnad för materialet av alla maskiner 2013

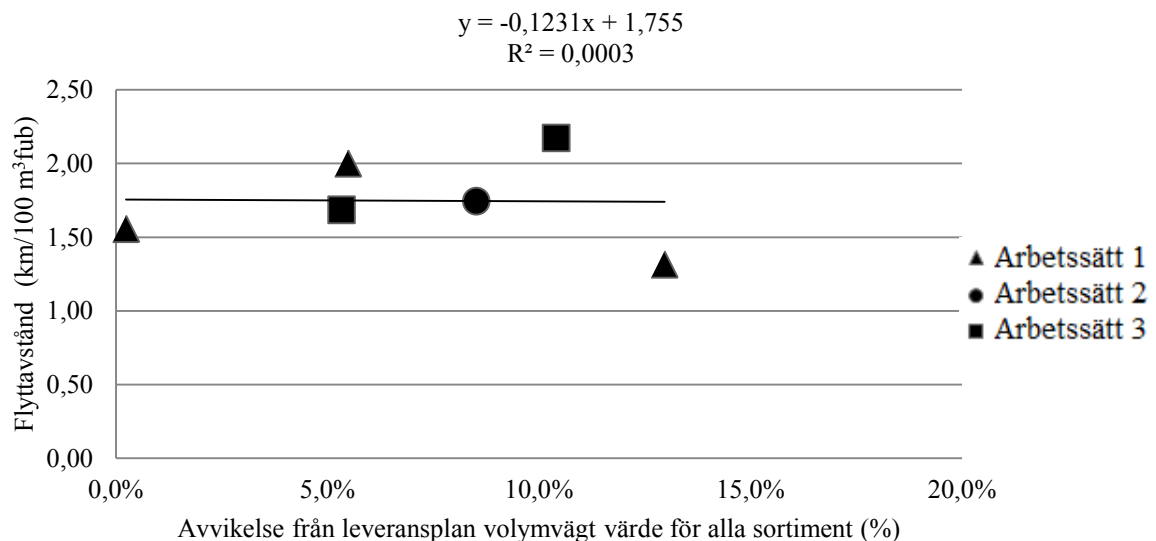
Medelflyttavståndet var längre för de VO:n som hade lägst leveransprecision för volymvägt värde för alla sortiment, vilket dock inte var ett statistiskt säkerställt samband ($p = 0,374$) (Figur 12).

Flyttsträckan per volymsenhet var oberoende av den volymvägda leveransprecisionen för alla sortiment (Figur 13).



Figur 12. Medelflyttavstånd som funktion av avvikelse från leveransplan volymvägt värde för alla sortiment. Svart linje = trendlinje för de sex observationerna oberoende av arbetssätt

Figure 12. Average relocation distance as a function of deviation from volume weighted delivery plan of all assortments. Black line = trend line for the six observations are independent of working manner.



Figur 13. Flyttavstånd per volymsenhet som funktion av avvikelse från leveransplan volymvägt värde för alla sortiment. Svart linje = trendlinje för de sex observationerna oberoende av arbetssätt.

Figure 13. Relocation distance per unit volume as a function of deviation from volume weighted delivery plan of all assortments. Black line = trend line for the six observations are independent of working manner.

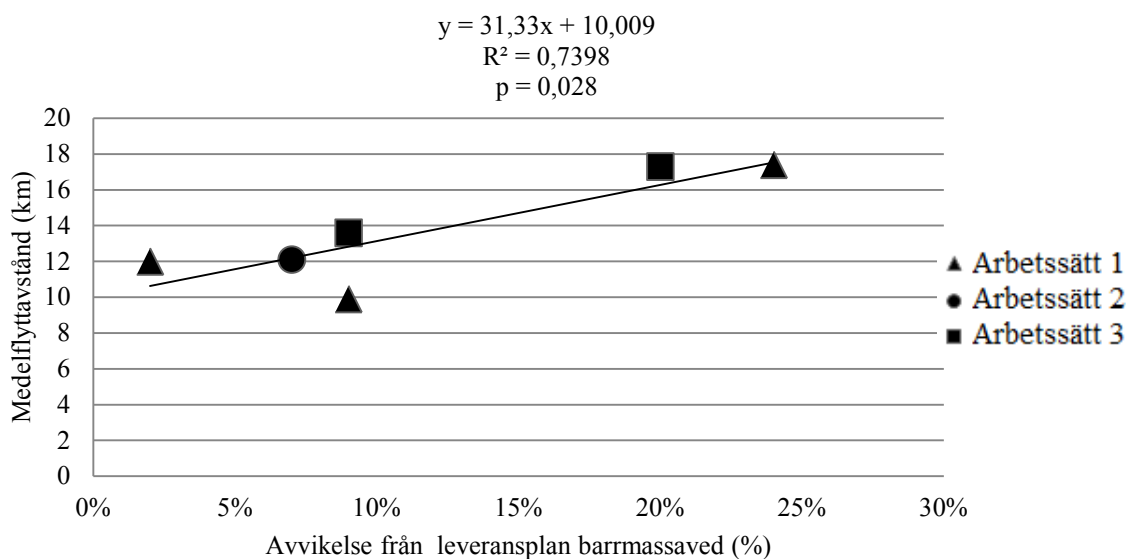
Medelflyttavståndet var signifikant längre för de VO:n som hade lägst leveransprecision för barrmassaved, ($p = 0,028$) (Figur 14).

Flyttavståndet per volymenhet var längre för de VO:n som hade högst leveransprecision, vilket dock inte var ett statistiskt säkerställt samband ($p = 0,370$) (Figur 15).

Ett större antal kortare flyttar som tillsammans utgör ett i genomsnitt långt flyttavstånd för att nå $100 \text{ m}^3 \text{ fub}$, medförde en ökad leveransprecision av barrmassaved (Figurerna 14 och 15).

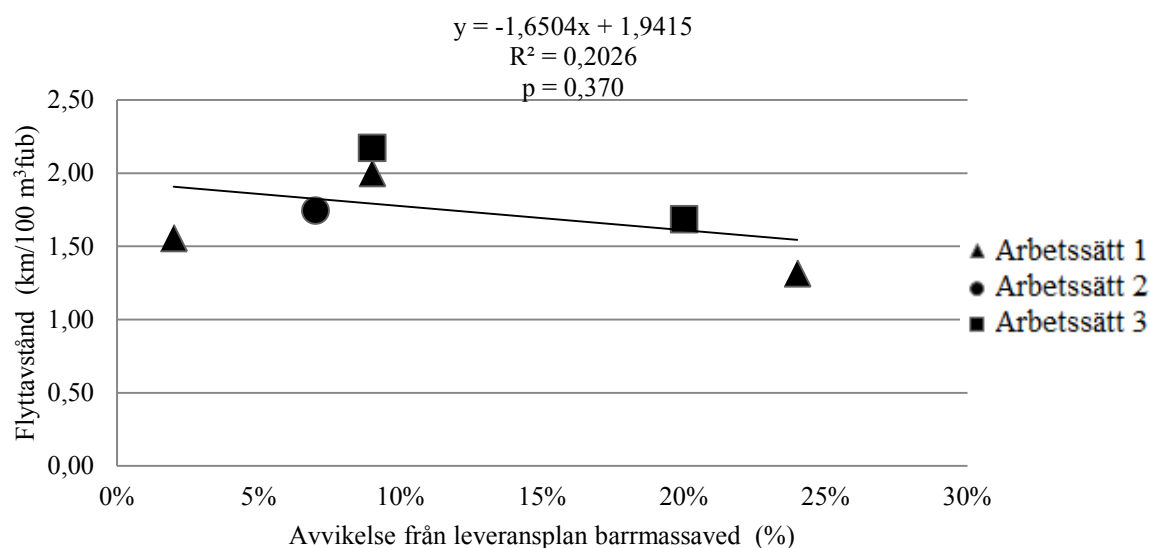
För leveransuppfyllnaden av de andra sortimenten som studerades kunde inte några beskrivande samband identifieras mot variablerna flyttavstånd per volymenhet och medelflyttavstånd.

Figur 12, 13, 14 och 15 visar att de tre olika arbetssätten finns spritt representerade sett till medelflyttavstånd, flyttavstånd/ $100 \text{ m}^3 \text{ fub}$ och leveransprecision. Inga samband fanns mellan arbetssätt och den volymvägda leveransprecisionen av alla sortiment eller leveransprecisionen av barrmassaved. Några sådana samband kunde inte heller identifieras för de övriga sortiment som studerats.



Figur 14. Medelflyttavstånd som funktion av avvikelse från leveransplan för barrmassaved. Svart linje = trendlinje för de sex observationerna oberoende av arbetssätt.

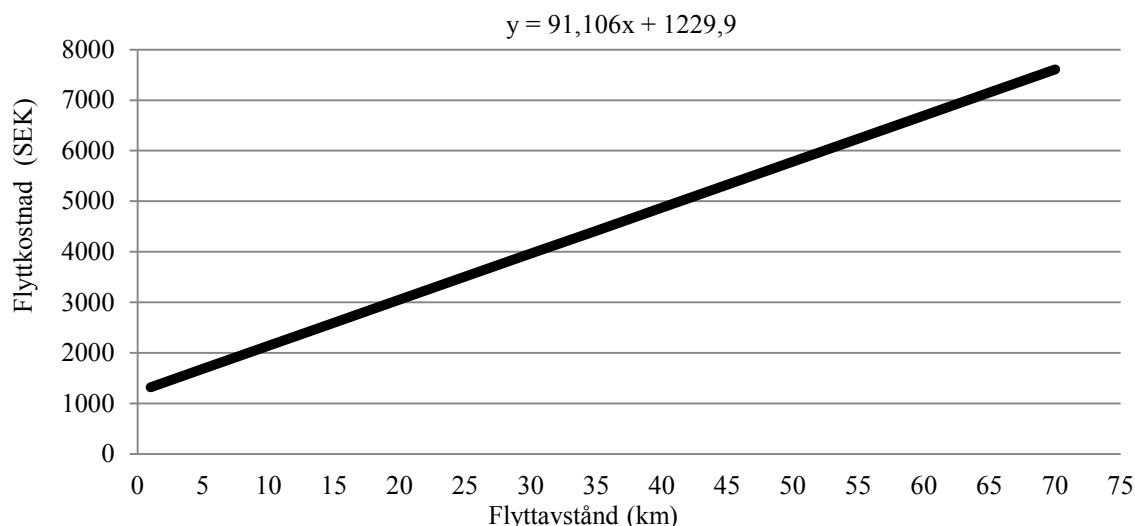
Figure 14. Average relocation distance as a function of deviation from the delivery plan of conifer pulpwood. Black line = trend line for the six observations are independent of working manner.



Figur 15. Flyttavstånd per volymsenhet som funktion av avvikelse från leveransplan barrmassaved. Svart linje = trendlinje för de sex observationerna oberoende av arbetssätt.
Figure 15. Relocation distance per unit volume as a function of deviation from the delivery plan of conifer pulpwood. Black line = trend line for the six observations are independent of working manner.

3.6 Kostnad för maskinflytt med jordbrukstraktor och trailer

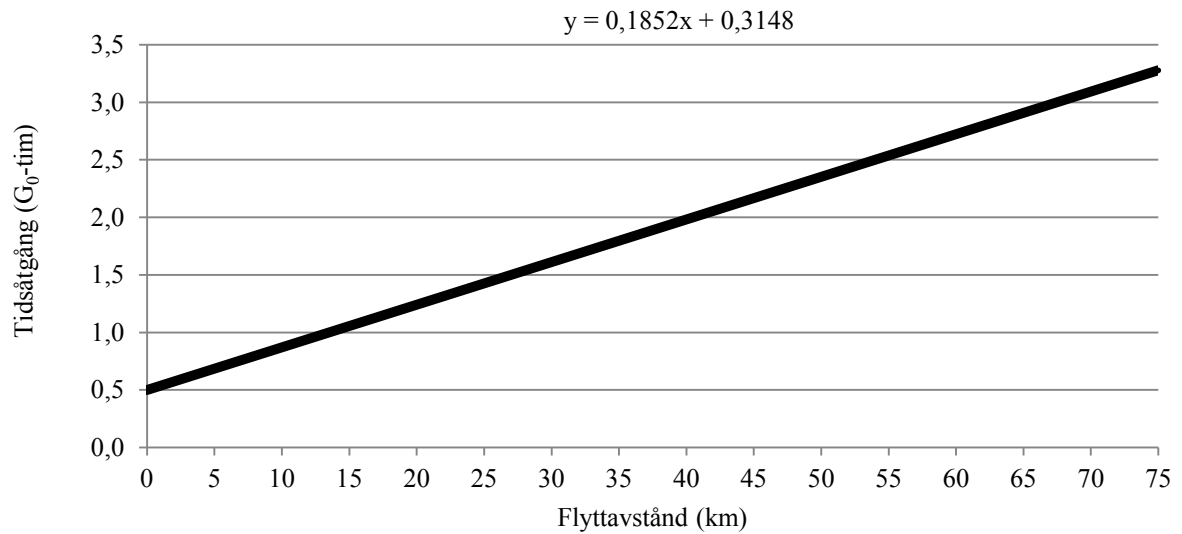
Kostnaden för att flytta en skogsmaskin varierar beroende på flyttavstånd, enligt Figur 16. Flytten av skogsmaskinen har en fast kostnad på 1 230 SEK, denna kostnad är för tidsåtgången för lastning och lossning.



Figur 16. Kostnad för att flytta en maskin med jordbrukstraktor och trailer som funktion av flyttavstånd.

Figure 16. The line shows the cost of relocate a machine with tractor and trailer, as a function of relocation distance.

Tidsåtgången för att flytta en skogsmaskin varierar beroende på flyttavstånd, enligt Figur 17. Flytten av skogsmaskinen har en fast tidsåtgång på 0,5 G₀-tim, denna tidsåtgång är för lastning och lossning.



Figur 17. Tidsåtgång för maskinflytt med jordbrukstraktor och trailer som funktion av flyttavstånd.

Figure 17. The line shows the time required of relocate a machine with tractor and trailer, as a function of relocation distance.

4 Diskussion & slutsatser

4.1 Studiens genomförande

Analysen av Södras flyttavstånd gjordes som en fallstudie, där för uppgiften relevanta observationer togs fram genom lämpliga metoder. Eftersom en liknande studie inte har gjorts tidigare, fanns ingen vägledning om ett lämpligt studieupplägg. Denna studiemetodik lämpade sig därför väl för denna del av studien eftersom den som arbetar i en fallstudie inte är begränsad till ett specifikt arbetssätt.

För att nå den information som krävdes för att kunna beskriva de olika VO:nas ruttplaneringsprocess var kvalitativa intervjuer en bra arbetsmetod, eftersom de kvalitativa intervjuerna bestod av ganska enkla frågor som resulterade i omfattande och innehållsrika svar. Den kvalitativa intervjumetodiken gav möjlighet att ställa spontana följdfrågor under intervjuerna, vilket resulterade i ökad förståelse för respondentens tankesätt och beteende. Resultatet av intervjuerna bestod i ett stort svarsmaterial som besvarade intervjuernas syfte att beskriva ruttplaneringsprocessen väl. Nackdelen med ett så innehållsrikt material var att bearbetningen av det var oerhört tidskrävande. För att sammanställa och åskådliggöra intervjuernas resultat användes processkartläggning. Anledningen till att denna metod valdes var för att man på ett enkelt och översiktligt vis får en tydlig bild av en arbetsprocess ingående komponenter. Lindström (2010) visade att en variant av den processkartläggning som beskrivs i Ljungberg m.fl. (2001) även kunde tillämpas för en ruttplaneringsprocess. Denna arbetsmetod lämpade sig väl även i den här studien.

Vid skapandet av kostnadskalkylen för att flytta en skogsmaskin med traktor och trailer användes en färdig mall för att göra maskinkostnadskalkylen. Denna mall var enkel att använda eftersom schablonvärden användes för att få fram några av kostnadsposterna. Svagheten i att använda denna kalkylmetod finns i hur väl dessa schablonvärden stämmer överrens med det verkliga utfallet.

Relevanta studiemetoder har använts och lämplig information har tagits fram för att kunna besvara studiens tre delsyften. Studiens övergripande mål var att ta fram ett underlag åt Södra för hur de ska arbeta för att uppnå kortare flyttavstånd och lägre kostnader för maskinflyttar. Av studiens resultat kunde inget arbetssätt som resulterar i kortare maskinflyttar identifieras. I studien har det gjorts relevanta analyser för att urskilja ifall ett sådant arbetssätt förekom.

4.2 Kritik åt och begränsningar för studien

Eftersom studien över flyttavstånd genomfördes som en fallstudie, är det högst motiverat att diskutera resultatets generaliserbarhet utifrån huruvida det är möjligt, troligt eller sannolikt (Bell, 2005) att resultatet blir lika om studien skulle göras igen vid en annan tidpunkt. Förutsättningar i form av tillgängligt rotstående lager, leveransplaners storlek etc. varierar över tid. Hur väl geografiskt samlade de trakter som finns tillgängliga i det rotstående lagret varierar troligen också över tid. Med anledning av detta kan man säga att man har olika geografiska och spatiala förutsättningar vid olika tider och därför har man

även olika långa flyttavstånd vid olika tidpunkter. Rimligen borde även de geografiska och spatiala förutsättningarna variera mellan de olika VO:na eftersom vägnät och virkesvolymers geografiska utbredning troligen varierar.

I resultatet har förutsättningar för lagernivåer och leveransuppfyllnad tagits med. Under liknande förutsättningar och vid samma tidsperiod på året, skulle denna studies resultat även kunna ge en bra indikation på hur flyttavstånden är även för ett annat år. För att kunna generalisera flyttavstånden mellan olika VO:n skulle det krävas att en lika dan studie som denna gjordes med ett större datamaterial och för fler år.

Med studiens definition av vad ett flyttavstånd är, dvs. att det var avståndet mellan avläggskoordinat nummer ett mellan två efter varandra följande trakter, blev en del flyttavstånd 0 km, eftersom i en del fall hade två i tiden efter varandra följande trakter, avlägg på samma ställe. Alltså har det i de fallen inte praktiskt gjorts en flytt, men med studiens definition ska även dessa räknas som en flytt. På så sätt visar man hur väl ett VO har lyckats klustra trakterna.

Första flytten för varje maskin efter semestern är inte med i försöket eftersom det inte var möjligt att ta reda på koordinaterna från den plats maskinen flyttades från till den första trakten. Här skulle en ytterligare flytt kunna lagts till efter försöksperiodens slut på alla maskiner, för att få med det korrekta antalet flyttar som gjorts under perioden.

Det rotstående lagret är ett medelvärde av tre observationer under den studerade perioden 2013. Detta gjordes för att kunna testa andra variabler mot ett värde för rotstående lager. Det kan finnas brister i hur väl denna variabel återspeglar lagernivån för perioden, eftersom att medelvärdet endast grundas på tre observationer.

Urvalet av vilka maskiner som skulle ingå i analysen förändrades under arbetet. Från början var tanken att enbart ha tre maskiner per VO, men sedan gjordes en ny definition. Tidsåtgången för att samla in nytt data efter den nya definitionen även för 2012 och göra nya analyser av materialet var dock för stor för att rymmas inom detta examensarbete. Därför blir det olika fall, jämförelsen mellan åren 2012 och 2013 för de tre maskinerna och för samtliga maskiner 2013.

Troligen är juli – september en tid på året då man på Södra vill flytta till virkesrika trakter efter semestern, för att snabbt bygga upp sina lager. Ifall sådana prioriteringar görs är det rimligt att anta att man under denna tid på året har längre flyttavstånd än vid andra tider på året, eftersom resultatet visar att med ökande storlek på medeltrakt så ökar medelflyttavståndet (Figur 6). Resultatet visar även i en del fall att när ett VO hade längre medelflyttavstånd så hade de kortare flyttavstånd per 100 m³ fub virke (Tabell 3, Figur 2 och 3). Ett direkt samband fanns dock inte mellan dessa båda variabler. Under förutsättning att det som resultatet antyder på stämmer, kan man anta att under denna tiden är flyttavstånd per volymsenhet kortare än vid andra tider på året. Ett annat antagande kan vara att flyttavstånden blir längre under de tider på året när man har sämre förutsättningar var gäller bärighet, som t.ex. under kraftiga regn och tjällossning. Anledningen till detta kan vara att man under dessa tider är mer begränsad i traktvalen, eftersom endast en mindre del av trakterna i traktbanken har tillräckligt god bärighet för att vara möjliga för avverkning då.

4.3 Resultatet

Flyttavstånd och förutsättningar

Medelflyttavståndet är en bra variabel för att studera hur väl geografiskt klustrade avverkningstrakterna varit. Flyttavstånd per volymsenhet är en variabel som beskriver hur långt man behövt flytta för att nå 100 m³fub. Av denna variabel kan man urskilja inom vilket VO maskinförarna haft bäst möjlighet att producera virke under så stor del av sin arbetstid som möjligt, eftersom flyttavståndet har ett starkt samband med tidsåtgången för flyttarna. Ett långt medelflyttavstånd har enligt resultatet i en del fall inneburit att man haft ett kortare flyttavstånd per volymsenhet. Anledningen tros vara att variabeln flyttavstånd per volymsenhet är starkt beroende av medeltraktens storlek. Vi ser t.ex. för det material som samlades in under 2013, så hade VO: D det längsta medelflyttavståndet (17,4 km), samtidigt som de hade det kortaste flyttavståndet per volymsenhet (1,22 km/100 m³fub) (Tabell 3). VO: D hade också den största medeltrakten (1 303,5 m³fub), vilken var nästan tre gånger så stor som VO: B's medeltrakt (482,3 m³fub) (Tabell 3). I VO: D har man under den här perioden haft längre flyttar än de övriga områdena, men man har också nått större volymer dit man flyttat. Av resultatet kan vi även se att VO: B hade det kortaste medelflyttavståndet (9,9 km) samtidigt som de hade det näst längsta flyttavståndet per volymsenhet (1,91 km/100 m³fub) 2013.

Av resultatet ser vi även en tendens till att de VO:n som avverkat en större andel av sitt genomsnittliga rotstående lager har haft ett längre medelflyttavstånd (Figur 5). Enligt Jacobsson (2005) har man bättre möjlighet att uppnå hög koncentration mellan trakterna när man har ett stort antal trakter i sin traktbank. Anledningen till att sambandet mellan de ovan nämnda parametrarna inte är starkare och således styrker Jacobsson (2005)'s teori, kan antas bero på att skillnaderna i medeltraktens storlek är stora mellan VO:na (Tabell 3). Möjligen hade sambandet kunnat påvisas tydligare ifall man studerat andel av traktbankens totala antal trakter istället för andel av genomsnittligt rotstående lager uttryckt i virkesvolym. Vi ser av resultatet från 2013 att VO: D avverkat störst andel av sitt genomsnittliga rotstående lager (77,4 %) och de har då också varit det VO som haft störst begränsningar av sin traktbank (Tabell 5). VO: C avverkade under samma period lägst andel av sitt genomsnittliga rotstående lager (40,3 %) och hade även det näst kortaste medelflyttavståndet (12 km) (Tabell 3). Vi ser också att de som avverkat lägst andel av sitt genomsnittliga rotstående lager har haft högst leveransprecision av den volymvägda leveransuppfyllnaden (Tabell 3). Anledningen till detta, kan antas vara att med ett större genomsnittligt rotstående lager har de haft bättre förutsättningar genom större valmöjlighet för att uppnå en hög leveransprecision.

Det enda samband som kunde påvisas mellan leveransprecision och medelflyttavstånd var en tendens som talade för att medelflyttavståndet minskade med ökad leveransprecision (Figur 12 och 14). Detta är ett ologiskt samband eftersom man rimligen bryr sig mindre om att geografiskt klustra trakterna om man strävar efter att uppfylla leveransplanen med så hög precision som möjligt. En möjlig förklaring till varför resultatet i denna studie säger att medelflyttavståndet 2013 minskat med ökad leveransprecision kan vara att de VO:n som haft de kortare medelflyttavstånden har även avverkat lägst andel av sitt genomsnittliga rotstående lager (Tabell 3). Således har de områden med högst leveransprecision och kortast medelflyttavstånd varit minst begränsade av sin traktbank.

Utifrån resultatet för flyttavstånden 2013 går det inte att skilja de olika VO:nas medelflyttavstånd åt, eftersom Tukey-testet inte kan påvisa några signifikanta skillnader

mellan VO:na (Tabell 3). Inga signifikanta skillnader i medelflyttavstånd för de tre referensmaskinerna 2012 mellan VO:na kunde heller påvisas. Därför går det inte av denna studie att åtskilja de olika VO:nas medelflyttavstånd. Inga signifikanta skillnader i medelflyttavstånd inom respektive VO, mellan åren, kunde påvisas. Resultatet tyder dock på att det förekommer mindre variationer över tid (Tabell 4). Att standardavvikelserna för medelflyttavstånden är ungefär lika stora som medelflyttavstånden kan också delvis säga att om studien hade upprepats så hade troligen inte medelflyttavstånden blivit desamma som i resultatet för denna studie (Tabell 3 och 4). Vad gäller flyttavstånd per volymsenhet har VO: D haft kortast flyttavstånd både i resultatet för samtliga maskiner och för de tre referensmaskinerna både under 2012 och 2013 (Tabell 3 och 4). I övrigt går det inte att generalisera VO:nas flyttavstånd per volymsenhet eftersom resultatet visar på variationer mellan åren.

Att medelflyttavståndet ökar med en ökande storlek på medeltrakt (Figur 6), talar för att det är längre mellan de virkesrika trakterna och därför får man flytta längre för att nå dem.

Arbetssätt vid ruttplanering

Anledningen till att arbetssätt 1 och 3 benämns centraliserat, respektive decentraliserat beror på vilken nivå inom organisationen som besluten tas. Ett centraliserat arbetssätt, innebär att besluten tas på en högre nivå i organisationen och vid ett decentraliserat arbetssätt så lämnas beslutsrätt till de lägre nivåerna (Bruzelius & Skärvad, 2011).

Av resultatet ifrån intervjuerna och processkartläggningen kunde tre olika arbetssätt vid ruttplanering identifieras. De främsta skillnaderna i arbetssätten kunde kopplas till vem inom personalen som utförde respektive aktivitet. I övrigt behandlades samma information i alla tre arbetssätten någon gång under ruttplaneringsprocessen. Inga samband mellan arbetssätt och flyttavstånd kunde identifieras, vilket talar för att flyttavståndet främst beror av andra faktorer. Arbetssätten analyserades även mot leveransprecision för respektive sortiment och för den volymvägda leveransuppfyllnaden för alla sortiment, både för 2012 och 2013. Dessa analyser kunde inte påvisa att något av de tre arbetssätten resulterat i högre leveransprecision. Eftersom inga samband mellan arbetssätt och flyttavstånd eller leveransuppfyllnad kunde påvisas, söktes istället möjliga förklaringar till varför man arbetar på det vis man gör. När förklaringar söktes, visade det sig att de tre VO:n som hanterat minst antal trakter i sin ruttplanering för perioden 2013, arbetade efter arbetssätt 1 (centraliserad ruttplanering). Hur många trakter man behövt behandla i sin ruttplanering är starkt beroende av hur många maskiner man behövt planera för och medeltraktens storlek. Om man kan anta att dessa två faktorer är någorlunda konstanta över tid inom VO:na, så är ett rimligt antagande att man på de VO:n som tillämpar arbetssätt 1 generellt behandlar minst antal trakter i sin ruttplanering. Således behöver man ta färre beslut för att skapa rutter åt sina maskiner. Detta kan vara en möjlig förklaring till att produktionsledarna på dessa VO:n väljer att arbeta med rutterna på egen hand ifrån grunden. Medelvärdet för antalet behandlade trakter i ruttplaneringen för de VO:n med centraliserad ruttplanering (arbetssätt 1) under perioden 2013 var 48 trakter. För de tre VO:n som arbetar enligt de två mer decentraliserade arbetssätten vid ruttplanering (arbetssätt 2 och 3) var medelvärdet för antalet behandlade trakter 68 stycken. Dessa två grupper gick inte att statistiskt skilja från varandra ($p = 0,098$). Anledningen till att ingen signifikant skillnad fanns mellan grupperna var på grund av att VO: F som arbetar enligt arbetssätt 3 endast hade behandlat några fler trakter i sin ruttplanering jämfört med de VO:n som arbetar enligt arbetssätt 1.

Enligt den tredje delen av Conant's lag om uppdelning av informationssatser så delar man upp en uppgift i mindre bitar, i de fall uppgiften är för stor för att hanteras av en del av systemet (Conant, 1976). Denna del av Conant's lag stärker resonemanget om att man väljer ett mer decentraliserat arbetssätt med ett ökat antal trakter i sin ruttplanering, eftersom uppgiften då blir komplexare. Fjeld och Bohlin (2010) beskrev ett liknande samband för transportstyrning. De konstaterade att när man har stora variationer i verksamhetsmiljön och då får en komplexare verksamhet att styra, så väljer man att decentralisera besluten för transportstyrningen. Man flyttar alltså besluten till lokala beslutsfattare. I de fall som variationen är låg, kan istället besluten fattas av en central administratör. Dessa slutsatser kan delvis vara förklaringar till varför man valt att arbeta enligt de arbetssätt man gör på de studerade VO:na.

Bruzelius och Skärvad (2011) beskrev att fördelarna med centraliserat arbete är att dubbelarbete undviks och att enhetliga principer används. Med enhetliga arbetsprinciper uppnår man troligen jämnare arbetsbeläggning mellan maskinerna, eftersom en person ser möjligheterna att sprida ut arbetet på sina tillgängliga maskinresurser. En annan fördel med centralisering av ruttplaneringen kan vara att bättre geografiska traktval kan göras, eftersom en person kanske väljer trakterna till en maskin mera oberoende av vilket geografiskt inköpsområde det är inköpt på. Med det menas att om ett decentraliserat arbetssätt används, där SI'n väljer trakterna till en maskins rutt kanske denne SI fokuserar till stor del på de trakter den själva har köpt in. Om så är fallet, kan det finnas en risk att traktval som hade varit geografiskt riktiga (i form av kortare flyttavstånd) i en rutt kan gå förlorade, eftersom de är inköpta av en annan SI. Argument som talar för decentralisering, enligt Bruzelius och Skärvad (2011) är att det kan medföra högre motivation samt mer plats för initiativ, handlingsförmåga och beslut hos personalen. Med utgångspunkt i detta resonemang kan man anta att de SI:er som arbetar under en decentraliserad ruttplanering känner ett större motiv att köpa in trakter, så att de håller arbetsbeläggningen uppe för "sina" maskiner. Med ökad motivation kan man anta att de maskinförare som är involverade i ruttplaneringen tar ett större ansvar för valet av trakter med avseende på drivningsförhållande. Ifall maskinförarna hela tiden känner till de trakter som finns tillgängliga för drivning, kan de med sin kunskap om under vilka förhållanden de kan köra med sina maskiner göra bra traktval ur bärighetssynpunkt. Givetvis finns det samtidigt en vilja hos maskinförarna att ha så korta flyttar som möjligt eftersom detta är en kostnadspost som påverkar deras verksamhet. Det finns dock även ett ekonomiskt motiv för maskinförarna att avverka trakterna under bra bärighetsförhållanden eftersom att djupare spårdjup vid terrängkörning ger upphov till en högre bränsleförbrukning av maskinen (Wästerlund & Andersson, 2011). Vilket i sin tur resulterar i en högre drivningskostnad.

Flyttavstånd och kostnad för maskinflytt

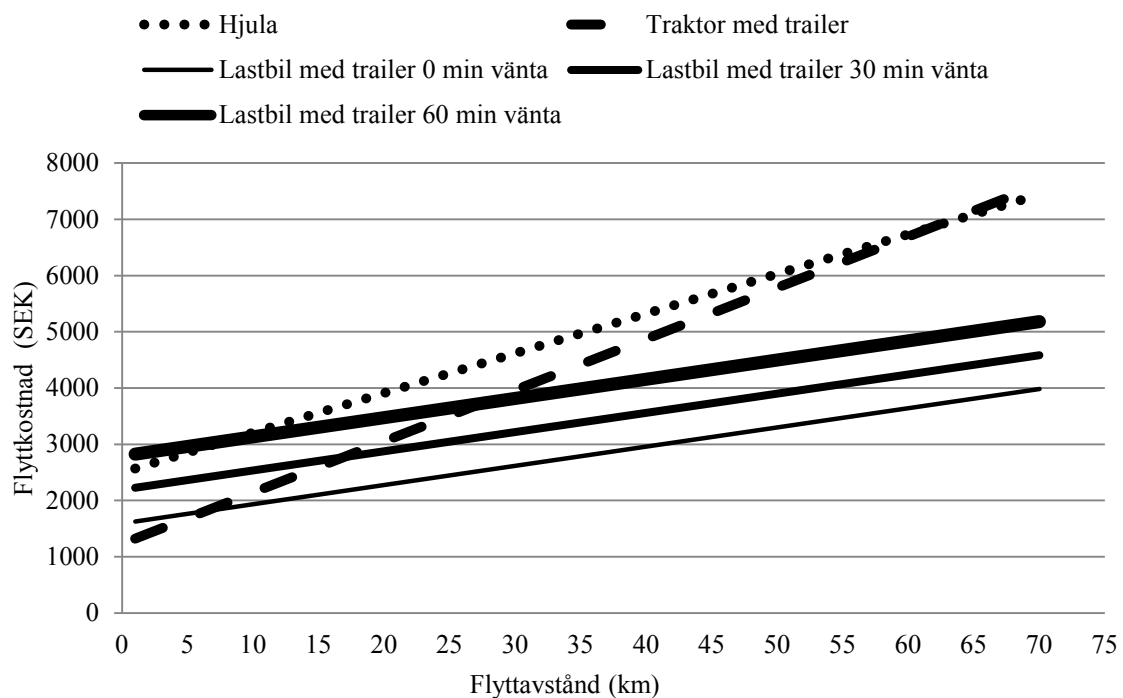
Det resultat över flyttavstånd som presenteras i Figur 4, borde ge en väldigt bra bild av hur flyttavstånden är fördelade på Södra. Som underlag för denna figur finns 321 flyttavstånd, som är hämtade från geografiskt utspridda VO:n inom Södra. Eftersom 6 av 19 VO:n har ingått, så är det en väsentlig del av Södra som studerats. Detta material är hämtat för de maskiner som i denna studie definierades som slutavverkningsmaskiner. Troligen varierar inte flyttavstånden nämnvärt mellan slutavverkning och gallring. Därför ger detta resultat en bra vägledning om hur flyttavstånden i stort ser ut på Södra. Av de flyttar som ligger till grund för Figur 4 är 4 % "nollflyttar", men de har med studiens definition räknats som flyttar.

I en tidigare studie, skapade Fogdestam (2010) kostnadskalkyler för maskinflytt via hjulning och med lastbilstrailer. Nedan följer en jämförelse mellan resultatet av Fogdestams kalkyler och kalkylen för flyttkostnad med jordbrukstraktor och trailer som skapades i denna studie. För kostnaden att flytta med jordbrukstraktor och trailer gäller de förutsättningar som presenterats tidigare i material och metod. Timkostnad för skogsmaskinen har satts till 1 200 SEK/ G₀ -timme för alla tre flyttsätten. De värden som använts i Fogdestams kalkyl för kostnad av att hjula är: tidsåtgång för att montera av och på boogieband 55 min, tidsåtgång för att montera av och på kedjor på singelhjulen 70 min. Denna tidsåtgång och maskinens timkostnad ger upphov till en fast kostnad för att göra hjulningen möjlig. Tidsåtgången för att hämta personbilen vid hjulning har inte använts, då det i denna kalkyl förutsätts att man bogserar bilen vid flytten. Vid hjulning kör man med en medelhastighet av 17 km/h. Förutsättningarna som gäller vid flytt med lastbilstrailer är: timkostnad lastbil med trailer 850 SEK/G₀ -timme, framkörningsavstånd för trailer 40 km, tidsåtgång lastning respektive lossning 15 min vardera, genomsnittlig hastighet vid flytt 60 km/h. Framkörningen och tidsåtgång för lastning och lossning ger upphov till en fast kostnad, för att göra flytten möjlig. Nedan har tre olika scenarion jämförts. Vad som skiljer de tre scenariona är den tid som maskinen behöver vänta på lastbilstrailern. De väntetider som använts är 0, 30 och 60 min.

Under förutsättning att maskinen får vänta 30 min på lastbilstrailern, är det billigast att flytta med traktor och trailer upp till 16 km flyttavstånd, efter det blir det billigast att flytta med lastbilstrailer. Att hjula är dyrare än båda de andra alternativen upp till 65 km flyttavstånd. Därefter är det billigare att hjula än att flytta med jordbrukstraktor och trailer. Detta beror på att skillnaden i medelhastighet mellan att hjula eller att flytta med jordbrukstraktor och trailer är ganska liten och att man vid hjulning endast har kostnaden för en maskin. Det är alltid billigare att flytta med lastbilstrailer än att hjula under dessa förutsättningar (Figur 18).

Under förutsättning att maskinen inte behöver vänta på lastbilstrailern så är det billigast att flytta med jordbrukstraktor och trailer upp till 5 km. Vid längre avstånd än 5 km är det billigare att flytta med lastbilstrailer (Figur 18).

Under förutsättning att maskinen får vänta 60 min på lastbilstrailern, så är det billigast att flytta med jordbrukstraktor och trailer upp till 29 km. Vid längre avstånd än 29 km är det billigare att flytta med lastbilstrailer (Figur 18).



Figur 18. Flyttkostnad som funktion av flyttavstånd, för att hjula, flytta med lastbilstrailer samt för att flytta med traktor och trailer. Detta under förutsättning att man har 0, 30 eller 60 min väntetid på lastbilstrailern.

Figure 18. Relocation cost as a function of relocation distance, to driving the harvester, relocate with truck trailer and relocate with tractor and trailer. This assumes that you have 0, 30 or 60 minutes waiting time for truck trailer.

I fall man gör antagandet att maskinen ofta får vänta 30 min på lastbilstrailern och att maskinen behöver plocka av kedjor och band vid hjulning, så kan det vara ekonomiskt motiverat för en maskinförare att använda sig av flyttmetoden jordbrukstraktor och trailer. Eftersom att vi utifrån Tabell 3 ser att medelflyttavståndet för alla de studerade VO:na är kortare än 16 km (13,6 km). Samtidigt som vi ser att drygt 60 % av alla maskinflyttar ≤ 16 km (Figur 4). Under förutsättning att man behöver vänta 60 min på lastbilstrailer så är det ekonomiskt motiverat att flytta med jordbrukstraktor och trailer på Södra eftersom ungefär 90 % av alla maskinflyttar är ≤ 29 km (Figur 4). Under förutsättning att man inte har någon väntetid på lastbilstrailern, så är att flytta med jordbrukstraktor och trailer ett bättre alternativ vid ungefär 30 % av flyttarna.

Utifrån denna jämförelse kan det konstateras att väntetiden på lastbilstrailern spelar en avgörande roll för valet av flyttmetod.

4.4 Vidare studier

I de fallet att man är ute efter att med stor säkerhet kunna definiera respektive VO's medelflyttavstånd och flyttavstånd per volymsenhet, vore en liknande fallstudie om flyttavstånd, med en större datafångst lämplig. I en sådan studie skulle flyttavstånd samlas in för flera år för att öka säkerheten i sina definitioner.

En liknande fallstudie över flyttavstånd skulle även kunna genomföras där flyttavstånd samlades in för alla de månader på året som maskinerna används. Via en sådan studie hade man kunnat påvisa eventuella variationer i flyttavstånd beroende på tidpunkt på året. En sådan studie skulle möjligen kunna bekräfta tidigare resonemang om att flyttavstånden ökar vid kraftiga regn och tjällossning.

I denna studie har inga kalkyler gjorts för kostnaden att åka tillbaka och transportera en andra skogsmaskin från avverkningstrakt ett till avverkningstrakt två med jordbrukstraktor, efter att den första maskinen flyttats. En relevant studie skulle vara att utveckla kalkylen för traktor med trailer till att även fungera under sådana förutsättningar. Man hade via en sådan kalkyl fått svar på vad det kostar för ett företag som äger både skotaren och skördaren i en maskingrupp, att flytta sina maskiner med denna flyttmetod.

4.5 Slutsatser

- Medelflyttavståndet på Södra var 13,6 km. 10 % av maskinflyttarna var $\leq 0,8$ km, 50 % var ≤ 11 km och 90 % av flyttarna var $\leq 30,1$ km.
- Inga signifikanta skillnader i medelflyttavstånd mellan VO:na kunde påvisas.
- Inom dessa VO:n på Södra tillämpas tre olika arbetssätt vid ruttplanering. Största skillnaderna mellan arbetssätten är i vilken grad ruttplaneringsprocessen är centraliserad till produktionsledaren, eller decentraliserad till skogsinspektörerna och maskinförarna.
- Någon skillnad i flyttavstånd eller leveransprecision mellan arbetssätten vid ruttplanering kunde inte påvisas.
- Maskinflytt med traktor och trailer var ekonomiskt fördelaktigt mellan 0-15 km, ifall alternativen var att hjula eller vänta 30 min på en lastbilstrailer. För Södras del motsvarar det ca 60 % av flyttarna.

Referenslista

Litteratur

Arvidsson, J. 2010. *JB-Maskinkalkyl – handledning till kalkylark för att beräkna maskinkostnader*. I Arvidsson, J., Hillerström, O., Keller, T., Magnusson, M., Eriksson, D. 2010. *Rapporter från jordbearbetningen*. Department of Soil and Environment, Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences. Nr 117. 2010.

Bell, J. 2005. *Introduktion till forskningsmetodik, fjärde upplagan*. Danmark: Narayana Press.

Bruzelius L. H., Skärvad P-H. 2011. *Integrerad organisationslära*. Lund: Studentlitteratur.

Conant, R.C., 1976. *Laws of Information Which Govern Systems*, in Facets of System Science, Klir, G.J. 1992 New York: Plenum.

Davis, R.G., Martell, D.L. 1993. *A decision support system that links short-term silvicultural operating plans with long-term forest level strategic plans*. Canadian Journal of Forest Research 23: 1078-1095.

Fjeld, D., Dahlin, B. 2010. *Nordic logistics handbook – Forest operations in wood supply*. Sveriges Lantbruksuniversitet, Helsinki University. Kurskompendium.

Gustavsson, K. 1998. *Långsiktsplanering med geografiska hänsyn: -en studie på Bräcke arbetsområde, SCA Forest and Timber*. Institutionen för skoglig resurshushållning, Umeå: Sveriges Lantbruksuniversitet. Arbetsrapport 46, 1998.

Hultåker, O. 2006. *Entreprenörskap i skogsdrivningsbranschen: En kvalitativ studie om utveckling i små företag*. Doktorsavhandling. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae 2006:87.

Håkansson, M. (Red) 2000. *Skogsencyklopedin*. Sveriges skogsvårdsförbund.

Jacobsson, L. 2005. *Förbättringspotential i avverkningsplanering –En fallstudie av ett års avverkning på två distrikt inom SCA skog, Jämtlands förvaltning*. Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik, Umeå: Sveriges Lantbruksuniversitet. Arbetsrapport 141 2005.

Jönköpings Länsstyrelse. 1998. *Handbok i maskinkostnadskalkylering med kalkylexempel för 1998*. Länsstyrelsen Jönköpings län.

Lidén B., Flisberg P. & Rönnqvist M. *Krönt vägval hittar smartaste vägen från skog till industri*. Resultat från Skogforsk nr. 6. 2009.

Lidén, E. 1995. *Forest machine contractors in Swedish industrial forestry: Significance and conditions during 1986 – 1993*. Rapport 195. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsteknik. Garpenberg.

Lindroos, O. 2013. *Planeringsprocessen vid operativ planering av drivning*. Institutionen för skogliga biomaterial och teknologi, Umeå: Sveriges Lantbruksuniversitet. Kurskompendium, moment: *Operativ planering av drivning*, SH0125 Operativ styrning av virkesleveranser.

Lindström, J. 2010. *Kartläggning av ruttplaneringsprocesser för rundvirkestransportörer*. Institutionen för skoglig resurshushållning, teknologi. Umeå: Sveriges Lantbruksuniversitet. Arbetsrapport 285, 2010.

Ljungberg, A., Larsson, E., Roos, C. 2001. *Identifiering och kartläggning av processer*. I Ljungberg, A., Larsson, E. *Processbaserad verksamhetsutveckling*. Lund: Studentlitteratur.

Lämås, T. 1996. *Forest Management Planning for Biodiversity and Timber Production*. Department of Forest Resource Management and Geomatics, Section of Forest Management Planning, Umeå: Swedish University of Agricultural Sciences. Report 3, 1996.

Renström, J. 2008. *Säsongsvis avverkning – Det operativa traktvalets påverkan på den säsongsmässiga uthålligheten i ett bolagsdistrikts traktbank*. Institutionen för skoglig resurshushållning. Umeå: Sveriges Lantbruksuniversitet. Arbetsrapport 214, 2008.

Stair, R. & Reynolds, G. 2008. *Principles of Information Systems, eighth edition*. Thomson Course Technology, Kanada.

Ståhl, G. & Wilhelmsson, E. 1994. *Planering av skogsbruk*. Institutionen för skoglig resurshushållning, Umeå: Sveriges Lantbruksuniversitet. Kurskompendium.

Trost, J. 2010. *Kvalitativa intervjuer, fjärde upplagan*. Lund: Studentlitteratur.

Weintraub, A. & Cholak, A. 1991. *A Hierarchical Approach to Forest Planning*. Forest Science, Vol 37: 439-460.

Wästerlund, I & Andersson, E. 2011. *Increased harvesting operation using adapted ground pressure and soil conditions*. In: *Proceedings of the 17th International Conference of the ISTVS*. Blacksburg, VA, USA: International Society for Terrain Vehicle Systems.

Internet referenser

Anon 2011. *Södra, Verksamhetsområde, 2011*,
<http://www.sodra.com/sv/Skogsagare/Demokratisk-organisation/Verksamhetsomraden/>
Uppdaterad [2013-05-28]

Anon. 2013. *SDC, Avståndstjänst. 2013*,
<http://ny.sdc.se/admin/PDF/Avst%C3%A5ndstj%C3%A4nst.pdf> Uppdaterad [2013-06-10]

Anon. 2013 a. *Våra affärsområden*. <http://www.sodra.com/sv/Om-Sodra/Vara-affarsomraden/> Uppdaterad [2014-01-13]

Anon. 2013 b. *Året i korthet, Årsredovisnin 2012.*

<http://www.sodra.com/html/ar12/sv/dettaarsodra/aretikorthet/aret-i-korthet.html>

Uppdaterad [2014-01-13]

Anon. 2013 c. *Femårsöversikt, Årsredovisning 2012.*

<http://www.sodra.com/html/ar12/sv/dettaarsodra/femarsoversikt/femarsoversikt.html>

Uppdaterad [2014-01-13]

Fogdestam, N. 2010. *Hjula eller traila?*

<http://jobbaiskogen.se/general/360.html#.UtpsmBARnrc> Skogforsk. Uppdaterad [2014-01-18]

Bilaga 1.

Raka frågor

1. Var det något som var avvikande jämfört med det normala under försöksperioden juli-september 2013?
2. Finns det någon prioritering mellan sortimenten, något som är viktigare att uppfylla än något annat? (Normaltimmer, barrmassaved, lövmassaved, sparr- klent & barrkubb)
3. När är kritisk storlek på totalt rotstående lager av slutavverkning nådd, för att du ska kunna göra bra rutter för slutavverkningsmaskinerna? Rotstående lager i förhållande till leveransplan. (Exempel att rotlager måste vara 1,5 gånger leveransplan för att kunna göra ”bra rutter”) Räknar du i veckor?
4. Finns det något/några sortiment som ofta ger för stora och eller för små volymer i förhållande till leveransplan?

Intervju ruttplanering

Frågan som intervjun bygger på:

- Berätta om hur ert verksamhetsområdes ruttplaneringsarbete går till utifrån traktbank och leveransplan till färdig rutt för maskinerna.
- Vilka steg innehåller ditt ruttplaneringsarbete (verb)?
- Vilken information behöver du i respektive steg?
- Vad är outputen av varje steg? Vad faller ut?

Vi delar upp din beskrivning i två steg:

- Skapa preliminärt planerade trakter
- Skapa planerade trakter

Nu ska jag förklara vad jag vill ha ut med tabellerna som jag skickade med...

- Prioritera informationen.
- Planerar du för en maskin åt gången eller lägger du ut trakter för flera maskiner?
- Är någon annan person t.ex. en skogsinspektör delaktig i ruttplaneringen vid något tillfälle eller styr du allt själva?
- Följer maskinlagen din skarpa rutt eller bestämmer de själva ordningen på de trakterna som ligger som planerade trakter?
- Är huvudfokus att få korta rutter, hålla markägarna nöjda eller att få ut rätt volymer av de olika sortimenten?
- Är det något verktyg eller någon information du saknar för att kunna göra bra rutter?

Skapa preliminärt planerade trakter

Aktivitet 1	Information - - - - -	Prio
Output		
Aktivitet 2	Information - - - - -	Prio
Output		
Aktivitet 3	Information - - - - -	Prio
Output		

Skapa planerade trakter

Aktivitet 1	Information - - - - - -	Prio
Output		
Aktivitet 2	Information - - - - - -	Prio
Output		
Aktivitet 3	Information - - - - - -	Prio
Output		